

FERTIPINE

FERTILIZAÇÃO DE PINHEIRO-BRÁVO



RELATÓRIO DA SÍNTESE
DO CONHECIMENTO
TÉCNICO E CIENTIFICO

ÍNDICE

1. NOTA INTRODUTÓRIA	4
2. ASPETOS GERAIS DA NUTRIÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO POVOAMENTO	5
3. AS REGIÕES DE PROVENIÊNCIA	10
4. NOTA EXPLICATIVA DA METODOLOGIA USADA	12
5. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA LITOLOGIA E DOS SOLOS ASSOCIADOS ÀS REGIÕES DE PROVENIÊNCIA	14
6. A FERTILIZAÇÃO POR REGIÕES DE PROVENIÊNCIA	17
6.1. Fertilização nas Regiões de Proveniência I, II, III, VI, RP B, RP C e em parte na RP V	17
6.1.1. Fertilização à plantação.....	18
6.1.2. Fertilização na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < 10 anos).....	20
6.1.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos).....	21
6.2. Fertilização na Região de Proveniência IV e na transição para a Região V	22
6.2.1. Fertilização à plantação.....	23
6.2.2. Na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < 10 anos)	24
6.2.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos).....	24
6.3. Fertilização nas Regiões de Proveniência VII, RP A e RP D	26
6.3.1. Fertilização à plantação.....	27
6.3.2. Na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < a 10 anos).....	28
6.3.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos).....	28
7. Avaliação da fertilidade da parcela	30
7.1. Normas para colheita de amostras de solo	30
7.2. Extração de nutrientes pela espécie <i>P. pinaster</i>	31
7.3. Avaliação do estado nutricional das plantas.....	31
7.3.1. Diagnose visual de carências	31
7.3.2. Normas de colheita de material vegetal.....	34
7.3.2. Níveis nutricionais nas agulhas.....	35
8. O final da revolução e a gestão de sobrantes	36
9. Bibliografia	38
ANEXO 1.....	41

Autoras: Rosinda Leonor Pato, Diana Ferreira e Filomena Gomes

Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra, CERNAS, Bencanta, 3045-601 Coimbra

ISBN: 978-989-53530-3-3

Centro PINUS, 2022

GLOSSÁRIO

Adubo: fertilizante cuja função principal é fornecer à planta um ou mais nutrientes.

Adubo azotado: adubo elementar cujo macronutriente principal é o azoto que se pode encontrar nas formas nítrica, amoniacal e amídica, ou em associações destas formas, como a nítrico -amoniacal.

Adubo binário: adubo composto contendo dois macronutrientes principais;

Adubo composto: adubo com um teor declarado de pelo menos dois dos nutrientes primários, obtido por processos químicos, mistura ou uma combinação de ambos.

Adubo elementar: adubo com um teor declarável de apenas um macronutriente principal.

Antagonismo iónico: um nutriente no solo que dificulta a absorção de outro pela planta.

Sinergismo iónico: um nutriente no solo que contribui para a absorção de outro pela planta.

Adubo de libertação controlada (CRF) (Produtos revestidos): adubos convencionais, solúveis em água, a cujos grânulos se aplica um revestimento para controlar a penetração da água e, desta forma, controlar a velocidade de dissolução e a libertação do nutriente “adubos contendo fontes de nutrientes solúveis em água, cuja libertação de nutrientes no solo é controlada pelo revestimento aplicado ao adubo” (AAPFCO, 1995).

Adubos estabilizados (Inibidores da nitrificação e da urease) que atrasam a disponibilização do azoto para o solo, reduzindo o risco de perdas por volatilização ou lixiviação.

Adubo fosfatado: adubo elementar cujo macronutriente principal é o fósforo, que pode encontrar -se sob diversas combinações químicas de diferentes graus de solubilidade.

Adubo mineral ou adubo químico: adubo cujos nutrientes declarados se apresentam na forma mineral, obtido por extração ou por processo industrial físico e/ou químico.

Adubo potássico: adubo elementar cujo macronutriente principal é o potássio.

Adubo ternário: adubo composto contendo os três macronutrientes principais (N:P:K).

Adubo ternário 1:1:1: indicador das % dos macronutrientes principais na proporção N:P₂O₅:K₂O.

Corretivo agrícola: fertilizante cuja função principal é melhorar as características físicas, químicas e/ou biológicas do solo.

Corretivo alcalinizante: corretivo agrícola mineral destinado, principalmente, a elevar o valor do pH do solo.

Corretivo calcário magnesiano: corretivo agrícola alcalinizante constituído, essencialmente, por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, sendo o teor de carbonato de magnésio $\geq 10\%$.

Corretivo calcário: corretivo agrícola alcalinizante constituído essencialmente por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio, sendo o teor de carbonato de magnésio $< 10\%$.

Corretivo orgânico: corretivo de origem vegetal ou vegetal e animal, utilizado principalmente com o objetivo de aumentar o nível de matéria orgânica do solo.

Erosão do solo: processo sequencial resultante do destacamento e transporte de partículas do solo, por agentes erosivos (água, vento), resultando na diminuição da espessura do solo e na perda da sua fertilidade. Distinguem -se dois tipos de erosão: hídrica (laminar, por sulcos e por ravinas) e eólica.

Fertilidade do solo: capacidade do solo para suportar uma cultura, fornecendo-lhe os nutrientes de que necessita para atingir o seu ótimo potencial produtivo.

Fertilizante: qualquer substância utilizada com o objetivo de direta ou indiretamente, manter ou melhorar a nutrição das plantas. Consideram -se duas classes de fertilizantes: os adubos e os corretivos agrícolas.

Fertilizante orgânico: matéria de origem vegetal, animal ou mistura de ambas, utilizada para manter ou melhorar a nutrição das plantas, *e.g.* através da sua atuação sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

Lixiviação: processo de arrastamento ou lavagem de substâncias solúveis, em especial sais, como os nitratos e ortofosfatos primário e secundário, por ação das águas de percolação.

Macronutriente: nutriente de que as plantas necessitam em quantidades relativamente elevadas.

Macronutrientes principais ou nutrientes primários: azoto (N), o fósforo (P) e o potássio (K);

Macronutrientes secundários ou nutrientes secundários: cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o enxofre (S) e, em algumas culturas, o sódio (Na) e o silício (Si).

Matéria orgânica do solo ou matéria orgânica endógena: restos de plantas e de outros seres vivos, parcial ou completamente decompostos, mas ainda de origem reconhecível, e uma mistura complexa de material orgânico já decomposto e modificado, ou sintetizado de novo, designado por húmus.

Matéria orgânica exógena: material orgânico fornecido ao solo, com várias origens: resíduos vegetais e compostos orgânicos incluindo estrumes, chorumes, lamas e resíduos sólidos urbanos, entre outros.

Micorriza: associação simbiótica entre determinados fungos do solo e as raízes das plantas. Esta associação é muito benéfica para a planta, melhorando a sua capacidade de absorção de água e de nutrientes, como o fósforo ou o azoto; os fungos recebem da planta os nutrientes de que necessitam para se desenvolverem.

Macronutrientes principais ou nutrientes primários: azoto (N), fósforo (P) e o potássio (K).

Macronutrientes secundários ou nutrientes secundários: cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e, em algumas culturas, o sódio (Na) e o silício (Si).

Micronutrientes: os elementos boro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdénio e zinco, bem como o cloro e o vanádio, essenciais para o crescimento das plantas em quantidades reduzidas face às dos nutrientes primários e secundários, podendo ser fitotóxicas se aplicadas em excesso.

Mineralização do azoto ou do fósforo: conversão do azoto ou do fósforo orgânico em, respetivamente, azoto ou fósforo mineral, por ação de microrganismos heterotróficos presentes no solo.

Nutriente, elemento nutritivo ou elemento fertilizante: o elemento químico essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Região de Proveniência (RP): área ou grupo de áreas delimitadas, com características ecológicas homogéneas, onde as árvores tendem a manifestar características fenotípicas ou genéticas semelhantes.

Relação C/N: quociente entre o valor do carbono orgânico e do azoto orgânico.

Simbiose: relação mutuamente vantajosa entre dois ou mais organismos vivos de espécies diferentes que, através de especializações funcionais, agem ativamente no sentido de obter proveito mútuo.

Textura do solo: termo usado para designar a proporção relativa das frações areia, limo e argila na terra fina (diâmetro médio das partículas inferior a 2 mm) do solo. Estas frações ou lotes são constituídos por partículas minerais de dimensões compreendidas entre certos limites.

Volatilização de azoto: passagem do estado sólido ao gasoso de que resultam perdas gasosas de azoto para a atmosfera, na forma de amoníaco (NH₃). Estas perdas são importantes em solos alcalinos, secos, com temperaturas elevadas e quando o fertilizante (ureia e chorume, entre outros) é aplicado à superfície do solo.

Siglas

DAP: diâmetro à altura do peito.

CNPF: Centre National de la Propriété Forestière.

CPFA: Centre Promotionnel de Formation à l'Autonomie.

WRB: World Reference Base for Soil Resources.

1. NOTA INTRODUTÓRIA

Com base numa pesquisa bibliográfica, são apresentadas diversas propostas de recomendação de fertilização para o “pinheiro-bravo”, considerando as diferentes Regiões de Proveniência, as respetivas condições edafoclimáticas, a fase de desenvolvimento do povoamento e o potencial produtivo da parcela.

Para apoio à consulta e identificação das condições da parcela, são indicadas e caracterizadas as regiões de proveniência, as condições edafoclimáticas (rocha-mãe; solo; clima), as fases de desenvolvimento do povoamento (desde a instalação ao corte final) e ainda métodos simples para avaliação do potencial produtivo da parcela e, conseqüentemente, a sua capacidade de resposta à fertilização.

O crescimento das plantas é dependente:

- das características do solo, em particular da sua profundidade (volume do solo explorado pelas raízes);
- da matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes no solo;
- da disponibilidade de água (capacidade de retenção e arejamento).

No entanto, é importante referir que o sucesso à instalação e ao crescimento das plantas é também dependente da qualidade do material vegetal, do tipo de intervenção no solo e da época da plantação.

2. ASPETOS GERAIS DA NUTRIÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO POVOAMENTO

Os nutrientes têm diferentes efeitos na produtividade dos povoamentos de “pinheiro-bravo”

Efeitos da fertilização com fósforo (P)

- ✓ Desenvolvimento do sistema radicular da planta, mais relevante à plantação
- ✓ Redução do período de tempo necessário à fase de instalação
- ✓ Aumento do crescimento em altura e em diâmetro (DAP)
- ✓ Homogeneização das características dendrométricas dos talhões
- ✓ Manutenção da fertilidade do solo, pela compensação das exportações

Efeitos da fertilização com azoto (N)

- ✓ Desenvolvimento da parte aérea da planta, crescimento vegetativo
- ✓ Mais relevante em fases mais avançadas do povoamento
- ✓ Doses elevadas reduzem a assimilação do fósforo (antagonismo N/P)
- ✓ Doses mais elevadas, aumentam o desequilíbrio da planta (aérea/raiz) aumentando o risco de queda pela ação do vento

Efeitos da fertilização com potássio (K)

- ✓ Maior resistência a pragas, doenças e seca
- ✓ Controlo e regulação da água

Efeitos da fertilização com cálcio (Ca)

- ✓ Desenvolvimento das raízes
- ✓ Resistência maior a pragas
- ✓ Eleva o valor de pH para valores próximos de 6-6.5 promovendo a disponibilidade de fósforo para as plantas

Efeitos da fertilização com magnésio (Mg)

- ✓ Promove a formação da clorofila e conseqüentemente da fotossíntese e crescimento
- ✓ Promove a absorção de fósforo (sinergismo Mg/P)

Efeitos da fertilização com enxofre (S)

- ✓ Promove o crescimento da parte aérea/crescimento vegetativo
- ✓ Inconveniente: contribui para o aumento da acidez do solo (pH baixo)

Outros aspetos a observar:

- ✓ **Condições de drenagem do solo** - Antes da preparação do solo ou antes da plantação, no caso de não ser necessário mobilizar o solo, é importante avaliar o **nível da toalha freática**. Quando se verificar que esta se encontra à superfície, ou se observa (em zonas baixas) unicamente o desenvolvimento de espécies herbáceas, sem a presença de espécies lenhosas, aconselha-se a abertura de **valas de drenagem**.
- ✓ **A profundidade do solo** disponível para o **desenvolvimento das raízes** e o **potencial de meteorização da rocha-mãe** - Solos **menos esqueléticos** e associados a **rochas de mais fácil desagregação** apresentam **maior potencial produtivo**, obtendo **maior rendimento do investimento na fertilização** ou, ainda, da melhor planta ou da mais adequada preparação do solo.
- ✓ **A disponibilidade de água** - As parcelas instaladas em áreas mais secas e com menor humidade durante o verão (na época mais seca) estarão associadas a áreas com menor potencial produtivo.
- ✓ **A disponibilidade em matéria orgânica** - As parcelas instaladas em áreas com maior teor em matéria orgânica ou camada de folhada têm a vantagem de ter maior disponibilidade de nutrientes ao longo da revolução; maior retenção de água; melhor agregação do solo; menor risco de erosão; menor sensibilidade à acidez do solo e maior atividade biológica (estimulante para o estabelecimento de associações simbióticas como as ectomicorrizas).
- ✓ **A qualidade do material vegetal** – deverá ser utilizado material vegetal (sementes, plantas) da mesma região de proveniência, para garantir a adaptabilidade às condições edafoclimáticas e ainda de melhor qualidade (material certificado), de forma a potenciar a produtividade.

A gestão dos sobrantes nos povoamentos de “pinheiro-bravo”

- ✓ **O controlo de vegetação**, quando necessário, deve ser realizado **com corta-matos durante o nascedio** (até aos 10 anos de idade) permitindo a **reciclagem dos nutrientes**, que é fundamental para o desenvolvimento das jovens plantas.
- ✓ Sugere-se, quando necessário, a **limpeza de mato nas linhas nos 2 primeiros anos** e a **manutenção das entrelinhas entre os 2.º e 4.º anos e, em seguida, aproximadamente a cada 5 anos**, especialmente antes de outras intervenções silvícolas (desbastes e desramações).

- ✓ Quando são realizados **os desbastes ou corte final** dos povoamentos, deve-se **minimizar a exportação de material rico em minerais, como as bicadas** (por ordem decrescente de relevância: as agulhas, casca, ramos).
- ✓ A **extração de cepos** tem **efeito** significativamente **negativo** no balanço de **fósforo, potássio e cálcio**, enquanto a **extração de ramos** tem efeito significativamente **negativo** no balanço de **azoto e magnésio**, além de reduzir a **longo prazo o teor em matéria orgânica no solo**.
- ✓ A **manutenção dos cepos e sobrantes** promove um **efeito positivo** na **qualidade do solo** e na **produtividade do povoamento**, em particular em **solos arenosos**.
- ✓ A **atividade biológica dos solos** é favorecida com: 1) a não mobilização do solo; 2) a manutenção dos sobrantes (desbastes, desramações e bicadas do corte final) no solo; 3) a manutenção no solo dos sobrantes da vegetação espontânea (limpeza com corta-matos, destroçador ou motorroçadora). A atividade **biológica do solo** favorece o desenvolvimento de **micorrizas** (associação simbiótica entre as plantas e os fungos), permitindo o aumento do **volume de terra explorado** pela planta (disponibilidade de **água e nutrientes**), a **proteção de outros fungos patogénicos e a tolerância a condições de stresse**. Por outro lado, favorece a produção de cogumelos comestíveis (por exemplo, *Lactarius deliciosus*), constituindo outra potencial fonte de rendimento.
- ✓ O aproveitamento das **cinzas da combustão da caldeira de biomassa na floresta**, pode **restituir** parcialmente ao solo o fósforo, potássio, cálcio e magnésio (7,8 kg P/ha; 18,3 kg K/ha; 160,2 kg Ca/ha; 27,1 kg Mg/ha, por 5 t/ha de cinza, CNPF, CPFA, Landes, França). Nesta região é sugerida a aplicação das cinzas com a fertilização fosfatada à plantação, devido à incorporação de Ca e Mg, em solos ácidos, favorecendo a subida do pH e a assimilação de fósforo.

A fertilização à plantação

Com a fertilização à plantação pretende-se fornecer melhores condições para o desenvolvimento da raiz e crescimento inicial da planta; promover um crescimento mais homogéneo das plantas; promover o vigor e resistência a fatores de stresse (seca ou doenças); e reduzir a necessidade de realizar retanchas (substituição de plantas mortas).

Numa plantação, a sobrevivência e o crescimento das árvores juvenis é fortemente condicionada pelas **propriedades do solo** e pelas condições **climáticas do local**, principalmente a **precipitação** e a

disponibilidade de água no solo. Verificam-se maiores crescimentos em locais húmidos, sem excesso de água no solo. Neste último caso, será recomendada a abertura de valas de drenagem para escoamento do excesso de água no solo.

A existência de **leguminosas nativas** (ex. tojo e giesta) podem **fixar** uma quantidade significativa de **N**, e assim, melhorar o balanço de N. A introdução de **culturas intercalares de leguminosas** poderá ter um impacto na melhoria do balanço de N, em particular em solos arenosos (ex. tremocilha em solos ácidos e arenosos; se necessário, será conveniente o seu corte, após a libertação da semente, preferencialmente com recurso a corta-matos ou destróador).

O **efeito da fertilização com fósforo**, relativamente à não aplicação de fertilizantes, apresenta um efeito mais relevante no crescimento na fase de nascedio (mais vincadamente dos 0-5 anos, ou até 15 anos, dependendo das características dos locais).

Para teores no solo **inferiores a 100 mg P₂O₅/kg** é conveniente a fertilização com fósforo (**40 a 100 P₂O₅ kg/ha**), em função da qualidade da estação. Para zonas húmidas e com **teores altos de fósforo disponível (>120 mg P₂O₅/kg)**, será aconselhado reduzir a fertilização fosfatada para cerca de **40 a 60 kg P₂O₅/ha**.

À plantação a adubação deverá ser preferencialmente localizada:

- ✓ Superfosfato 18% na proporção recomendada por planta, dividida no mínimo por duas covas laterais, a cerca de 20-25 cm afastadas da planta e à mesma profundidade da planta. A aplicação em duas covas opostas tem como objetivo estimular o desenvolvimento equilibrado das raízes, para que no futuro tenham maior capacidade de suporte da biomassa e proporcionem uma maior resistência ao vento.
- ✓ A aplicação de adubos fosfatados à plantação é relevante. Os valores indicados nas tabelas por região de proveniência referem-se à aplicação de **kg P₂O₅/ha** realizada **de uma só vez** e em **toda a parcela**. No entanto, poderá ser realizada **na linha de plantação ou localizada (em duas covas laterais)**, aplicando-se nesse caso **cerca de 67% e 35%**, respetivamente, do valor inicial recomendado.
- ✓ Se recomendado (análise do solo) e de acordo com o potencial produtivo da parcela, poderá ser aplicado o adubo de libertação controlada com maior teor de P e K e com um período maior de libertação controlada dos nutrientes (*e.g.* ≥ 9 meses). De notar que o adubo de libertação controlada poderá ser colocado ao fundo da cova.

A fertilização após a plantação - durante a revolução

- ✓ A realização da fertilização em fases mais avançadas do crescimento do povoamento, deverá ser realizada superficialmente. Não se aconselha o recurso a equipamentos (para controlo do mato e incorporação de adubos) que possam afetar o solo e conseqüentemente as raízes; i.e., com o objetivo de evitar a propagação de doenças (como fungos patogénicos associados ao sistema radicular) e, ainda, afetar a atividade biológica do solo.
- ✓ A fertilização deve ser realizada preferencialmente à superfície em 2/3 da projeção da copa para o exterior e 1/3 para fora da projeção da copa (cerca 40 cm).
- ✓ A fertilização deverá ser equilibrada, na proporção de 1:1:1 ou 1:2:1 (N:P₂O₅:K₂O), respetivamente nas fases de nascedio e novedio/bastio, conforme apresentado nas Tabelas de recomendação para as diferentes regiões de proveniência. A aplicação de doses excessivas de azoto favorece o desenvolvimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, aumentando o risco de instabilidade e queda das árvores devido à ação do vento.
- ✓ A fertilização deverá ser efetuada após a realização dos desbastes e, preferencialmente, imediatamente antes do período de crescimento ativo das raízes (última quinzena de fevereiro à 1ª quinzena de março, função da precipitação e risco de perda de nutrientes devido à sua lixiviação / lavagem pela precipitação), de forma a promover o desenvolvimento das raízes e das árvores.
- ✓ A aplicação de adubos elementares ou compostos deve privilegiar adubos PK, devido ao **antagonismo P/N** e de um **sinergismo P/K**.

Como identificar as necessidades de nutrientes:

- ✓ As **necessidades de nutrientes** são identificadas à **plantação** através da **análise do solo**, **posteriormente** durante a **revolução**, através do **diagnóstico visual**, **análise de solo** e/ou **análise foliar**, conforme apresentado no capítulo “Níveis nutricionais nas agulhas”.
- ✓ Neste **Manual** são **recomendadas** diversas **fertilizações** em função da **região de proveniência** do “pinheiro-bravo”, das condições **edafoclimáticas**, da **fase de desenvolvimento** fisionómico do povoamento e **do potencial produtivo da parcela**. No entanto, estas recomendações deverão ser validadas após a análise do solo.

3. AS REGIÕES DE PROVENIÊNCIA

Na Figura 1 estão identificadas as Regiões de Proveniência (RP); na Tabela 1, a sua caracterização edafoclimática e no Anexo I a sua listagem de acordo com os Municípios e as Freguesias.

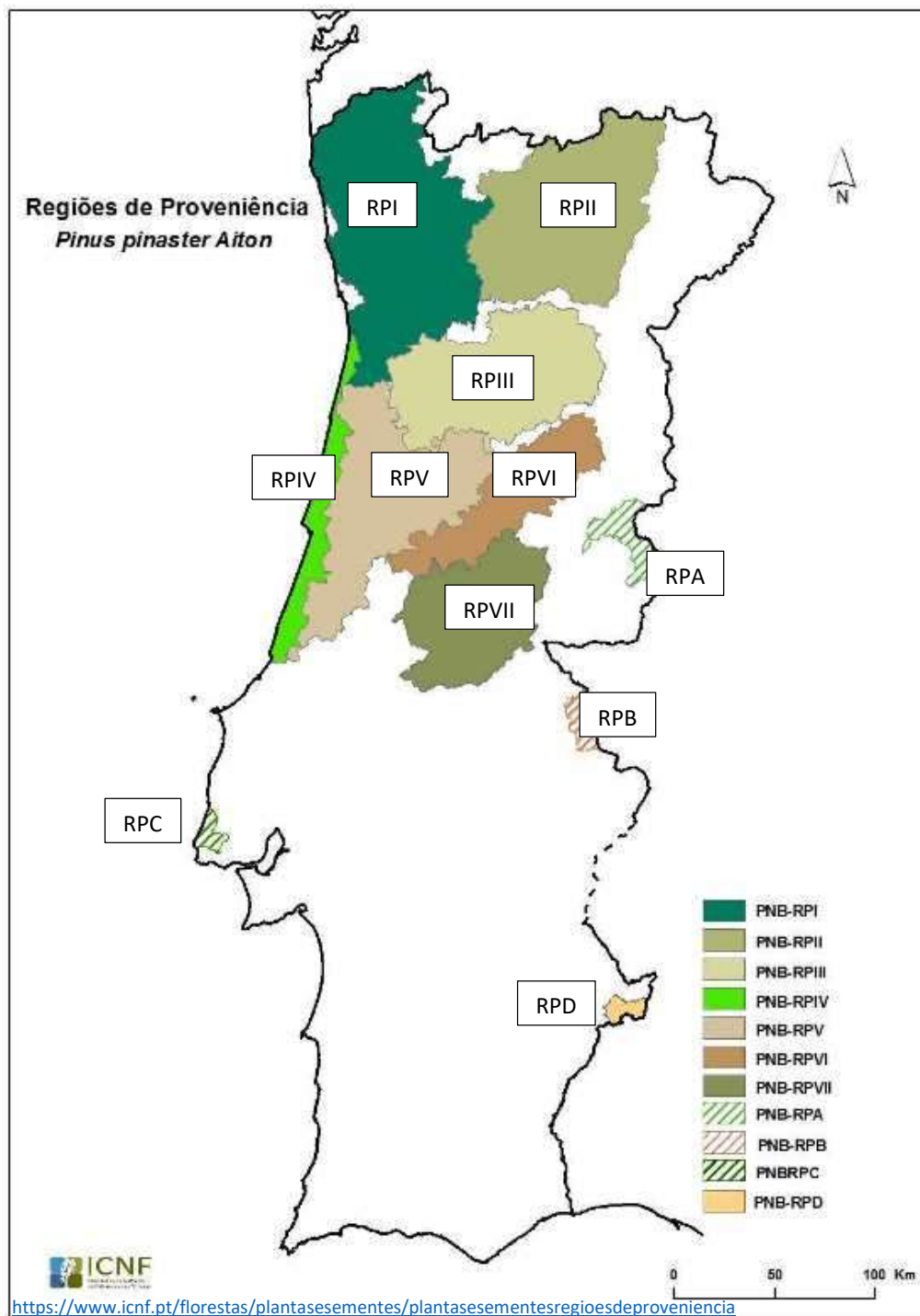


Figura 1 – Identificação das Regiões de Proveniência do “pinheiro bravo” (*Pinus pinaster Ait.*) em Portugal

Tabela 1 – Caracterização edafoclimática das regiões de Proveniência



DESCRIÇÃO DAS REGIÕES DE PROVENIÊNCIA <i>Pinus pinaster</i> Aiton.										
RP	Superfície km ²	Altitude média (m)	Rocha mãe	Solos	ph	Dados Climáticos				Classificação ecológica
						Precipitação média anual (mm)	N.º de dias com precipitação	Temperatura média anual °C	N.º dias com geada	
PNB-RP I	7608	450 (50-1400)	Granitos e rochas afins; Xistos, grauvaques. No litoral dunas e areias eólicas	Cambissolos húmicos	4.6-5.5	1400-1600 (800 a >2800)	75-100 (50 a >100)	12.5-15 (7.5-18)	10-20	Basal e Submontano
PNB-RP II	5974	680 (100-1300)	Xistos, grauvaques. Granitos e rochas afins	Cambissolos húmicos. Inclusões de Rankers	4.6-5.5	800-1000 (400-2000)	75-100 (50 a >100)	10-12.5 (7.5-16)	60-80	Submontano e Montano
PNB-RP III	5098	600 (100-1300)	Xistos, grauvaques	Cambissolos húmicos	4.6-5.5	1000-1400 (500-2000)	75-100 (50 a >100)	12.5-15 (7.5-18)	30-40	Submontano e Montano
PNB-RP IV	1348	70 (50-200)	Areia e calhaus rolados; Dunas e areias eólicas. Bolsas de rocha calcária	Podzóis orticos e Regossolos distrícos; Bolsas de fluvisolos calcários e cambissolos calcicos	4.6-5.5	700-800 (700-1400)	75-100 (75 a >100)	12.5-15 (12.5-18)	1-5	Basal
PNB-RP V	5337	270 (50-900)	Arenitos, calcários, calcários margosos e margas; Dunas e areias eólicas	Cambissolos húmicos e Podzóis orticos	6.6-7.3	700-800 (700-2000)	75-100 (75 a >100)	12.5-15 (7.5-16)	1-5	Mediterrânea com influência atlântica Basal
PNB-RP VI	2783	800 (100-1800)	Xistos, grauvaques. Granitos e rochas afins	Cambissolos distrícos e húmicos	5.6-6.5	1200-1400 (800-2000)	75-100 (75 a >100)	7.5-10 (<7.5-15)	30-40	Montano e Submontano
PNB-RP VII	3619	470 (50-1100)	Granitos e rochas afins; Xistos, grauvaques. Bolsas de areias e arenitos pouco consolidados	Litossolos éutícos Luvissolos órticos	4.6-5.5	1000-1200 (800-1800)	75-100 (50 a >100)	12.5-15 (7.5-16)	30-40	Basal e Submontano
PNB-RP A	592	570 (300-1000)	Xistos, grauvaques	Litossolos éutícos e férricos	5.6-6.5	800-1000 (500-1200)	75-100 (50 -100)	12.5-15 (10-16)	20-40	Montano e Submontano
PNB-RP B	270	700 (400-1000)	Xistos, grauvaques. Granitos e rochas afins	Cambissolos distrícos e húmicos	4.6-5.5	800-1000 (700-1000)	75-100	12.5-15 (10-17.5)	10-20	Montano e Submontano
PNB-RP C	170	150 (50-400)	Arenitos, calcários, calcários margosos e margas; Dunas e areias eólicas; granitos e rochas afins	Cambissolos calcicos, éutícos e húmicos	6.5-7.4	800-900 (400-1200)	75-100 (50 -100)	12.5-15 (10-17.5)	1-5	Basal
PNB-RP D	179	350 (200-500)	Xistos, grauvaques. Xistos argilosos	Litossolos éutícos	5.6-6.5	400-600	< 50	15-17 (16- >17.5)	20-30	Basal

In: <https://www.icnf.pt/florestas/plantasesementes/plantasesementesregioesdeproveniencia>

4. NOTA EXPLICATIVA DA METODOLOGIA USADA

Este trabalho pretende informar acerca das soluções possíveis em termos de fertilização para o “pinheiro-bravo”, com base numa pesquisa bibliográfica sobre a fertilização aplicada à espécie, em particular, e a outras resinosas ou lenhosas em geral e de acordo com a informação conhecida publicada.

As indicações de fertilização apresentadas, foram realizadas considerando as diferentes Regiões de Proveniência e respetivas condições edafoclimáticas. Assim, a fertilização recomendada estará indicada de acordo com as Regiões de Proveniência (Figura 1; Tabela 1; Tabela 2 e Anexo 1), segundo as fases de desenvolvimento do povoamento (Figura 2) e, ainda, em função do potencial produtivo do local (Figura 3).

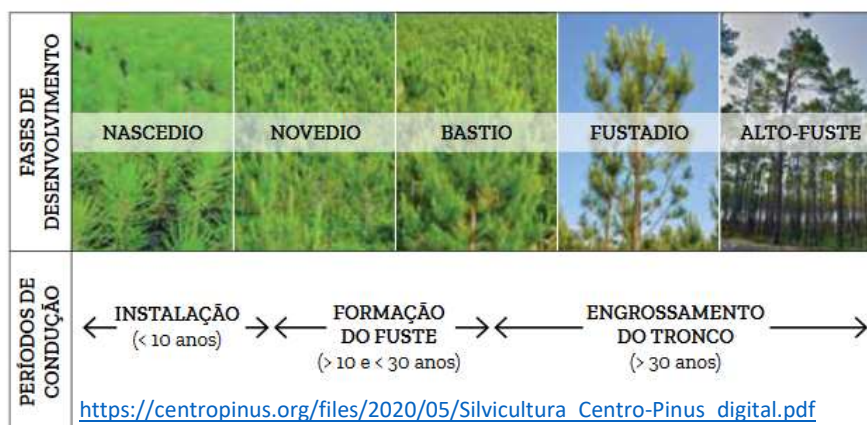


Figura 2 – Fases de desenvolvimento do “pinheiro-bravo” e períodos de condução em povoamentos regulares.

A Figura 3 exemplifica um método para a avaliação do potencial produtivo da estação, de acordo com diferentes variáveis associadas ao clima, rocha-mãe, tipo de solo e outros indicadores (como o tipo de vegetação). As variáveis estão agrupadas por zonas de menor potencial produtivo para maior potencial, mostrando, ainda, se variam numa razão direta ou inversa.

A identificação do potencial produtivo da estação permite apoiar a decisão relativamente à fertilização recomendada. Assim, as áreas mais produtivas apresentam maior capacidade de responder positivamente à fertilização, justificando, portanto, o seu investimento.

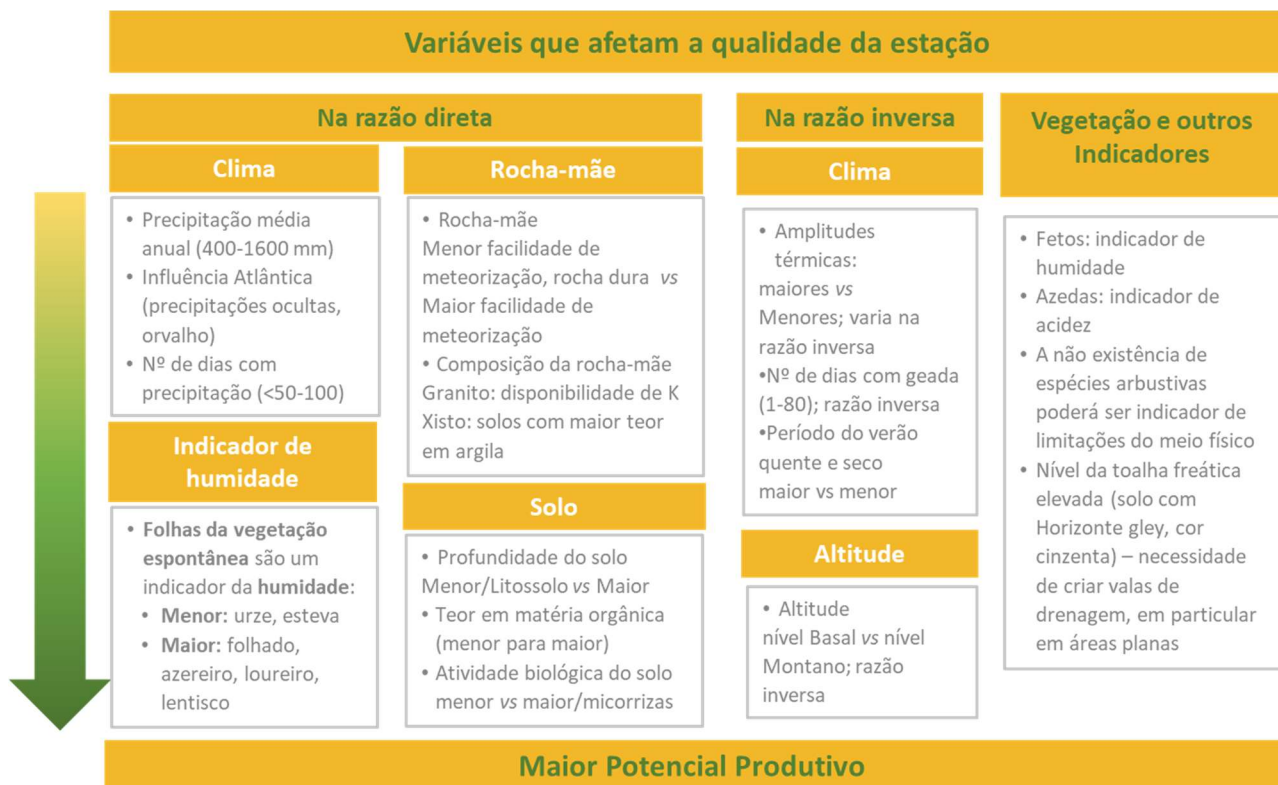


Figura 3 – Características que permitem a avaliação do potencial produtivo da parcela (Adaptação do Manual de Boas Práticas para a Cultura do Medronheiro, 1ª Ed, IPC, ESAC, CERNAS, 2017).


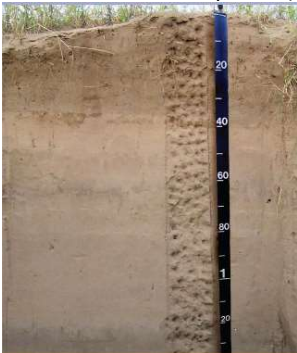

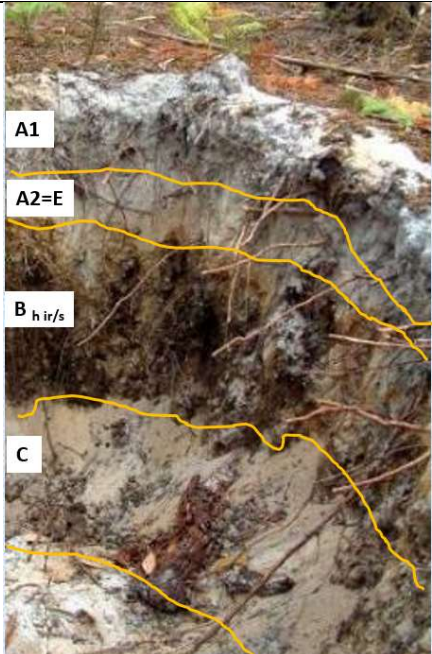
Os locais com maior potencial produtivo, i.e., em estações de melhor qualidade, têm capacidade de responder mais e melhor à fertilização.


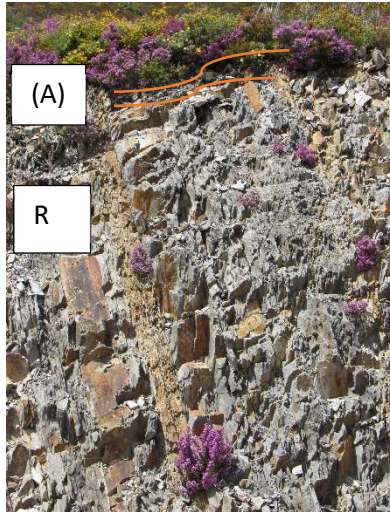

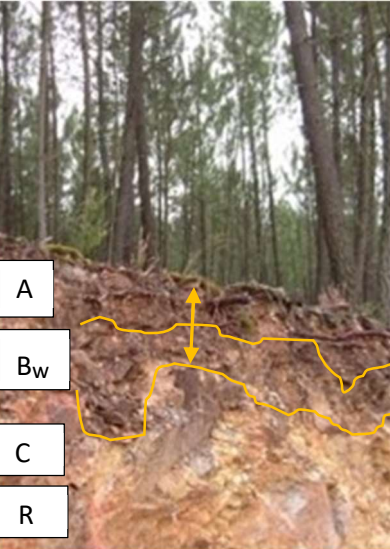
- Em zonas com menor potencial produtivo (ex: solo esquelético de granito, pouco profundo ou zona muito seca ou outro fator limitante), é infrutífero um grande investimento na fertilização, pois o fator limitante ao crescimento é a profundidade do solo ou a falta de água. Assim, nessas condições, as recomendações de fertilização são com quantidades inferiores, que possam justificar o investimento de acordo com o potencial produtivo, isto é a produção esperada em função da rocha-mãe, solo e clima.
- No entanto, existem zonas ocupadas com o “pinheiro bravo” fora das regiões de proveniência. Nestes casos, recomenda-se que se proceda a uma aproximação com outras Regiões de Proveniência, em função das características climáticas e tipos de rocha-mãe/solos, que apresentem no conjunto uma maior similaridade.

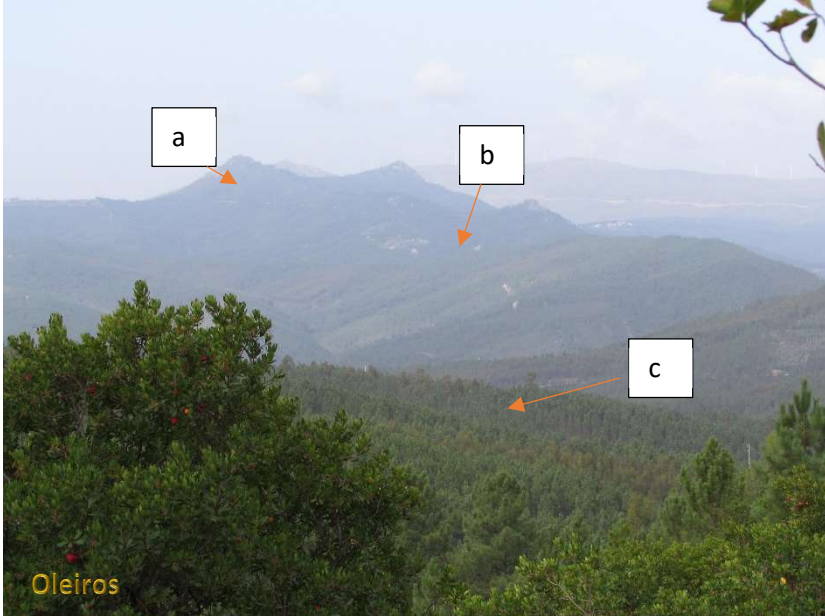
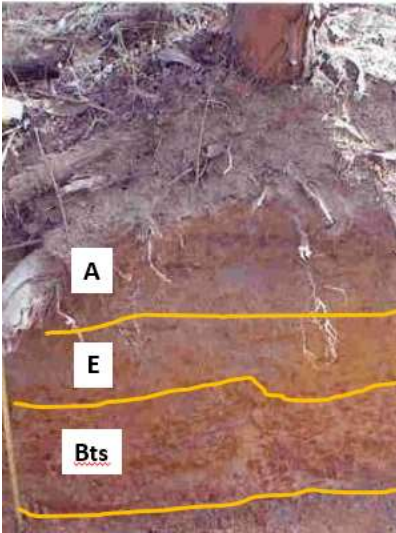

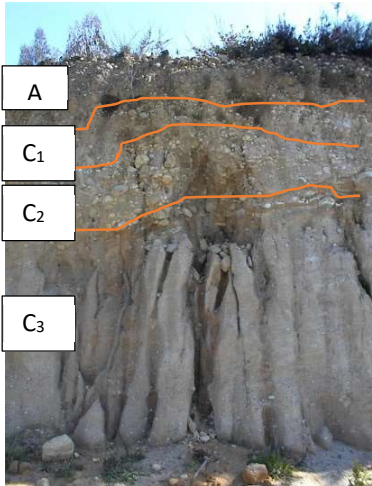
5. BREVE CARACTERIZAÇÃO DA LITOLOGIA E DOS SOLOS ASSOCIADOS ÀS REGIÕES DE PROVENIÊNCIA

Pretende-se caracterizar a litologia e os solos associados às diferentes Regiões de Proveniência, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 2 - Caracterização da litologia e dos solos associados às Regiões de Proveniência (1^a: Cardoso *et al.* 1973, FAO/UNESCO 2006; 1^b: WRB, 2015)

Paisagem	Tipo de solo ⁽¹⁾	Tipo de perfil	Regiões de proveniência
 <p style="text-align: right; font-size: small;">Pinhal de Leiria, S. Pedro de Moel, Árvores Seculares</p>	<p>Classificação Regossolo dístrico^(1a) Arenossolo^(1b)</p> <p>Material originário do solo: areias pH: Solo ácido</p> <p>Dístrico – pH < 5.5 Êútrico – pH > 5.5</p>	<p>Sem desenvolvimento de perfil: (A)C</p> 	<p>Região IV Áreas associadas em geral às dunas primárias com o principal objetivo de proteção da erosão eólica</p> <p>Nota: Informação sobre os Horizontes identificados no perfil do solo.</p> <p>(A) – horizonte superficial incipiente C – Material originário do solo (desagregado)</p>
 <p>Pinhal de Leiria</p>	<p>Classificação Podzol órtico^(1a) Podzol^(1b)</p> <p>Material originário do solo: areias pH: Solo ácido</p> <p>Órtico sem presença de horizonte gley associado ao excesso de água / saturação de água em certo período do ano</p>		<p>Regiões de Proveniência: IV e V</p> <p>Áreas com tradição na produção de “pinheiro-bravo”, associadas a uma influência atlântica</p> <p>Nota: Informação sobre os Horizontes identificados no perfil do solo.</p> <p>A₁ – Horizonte superficial A₂ = E – Horizonte sub-superficial, mais claro, caracterizado pela saída / eluviação de material (matéria orgânica e/ou sesquióxidos de ferro e/ou alumínio) B_{h ir/s} - Horizonte sub-superficial, mais escuro, caracterizado pela entrada / iluviação de matéria orgânica (h) e/ou sesquióxidos de ferro e/ou alumínio (s) C – Material originário do solo (desagregado)</p>

Paisagem	Tipo de solo ⁽¹⁾	Tipo de perfil	Regiões de proveniência
 <p data-bbox="203 699 954 727">Barragem de Santa Luzia, Rio Zêzere encaixados em xistos e quartzitos</p>	<p data-bbox="976 193 1290 288">Classificação Litossolo^(1a) Leptossolo^(1b)</p> <p data-bbox="976 328 1290 520">Material originário: Solo pouco profundo com rocha-mãe dura Xisto ou Granito pH: função do tipo de rocha-mãe</p> <p data-bbox="976 552 1290 647">Êutrico – pH > 5.5 RP D Êutrico e férrico: RP A</p> <p data-bbox="976 679 1290 743">Dístrico – pH < 5.5 Reg. VII</p>	<p data-bbox="1312 193 1722 256">Com desenvolvimento incipiente do perfil: (A)R</p> 	<p data-bbox="1744 193 2029 256">Regiões de Proveniência: VII, RPA e RPD</p> <p data-bbox="1744 296 2029 488">Nota: Horizontes . (A) – horizonte superficial incipiente e muito pouco espesso / pouco profundo R – Rocha-mãe dura</p> <p data-bbox="1744 520 2029 770">Os solos de xisto apresentam, em geral, maior aptidão comparado com o granito devido à presença de argila (retenção de água) e à facilidade de meteorização da rocha</p>
 <p data-bbox="203 1289 954 1318">Serra da Malcata</p>	<p data-bbox="976 783 1290 1007">Classificação ^(1a)Cambissolos húmicos* C. Dístricos e húmicos** C. Cálcicos. Êutricos e húmicos* C. Cálcicos** ^(1b)Cambissolos</p> <p data-bbox="976 1046 1290 1174">Material originário: Xistos, granitos e material sedimentar em alguns casos com calcário</p> <p data-bbox="976 1190 1290 1406">Dístrico – pH < 5.5 Êutrico – pH > 5.5 C. Húmico: com horizonte A úmbrico (com matéria orgânica) C. Cálcico: presença de carbonatos no perfil</p>	<p data-bbox="1312 783 1722 815">Perfil: A (B) C = A B_wC</p>  <p data-bbox="1312 1369 1722 1401">Espessura de A + B ≥ 25 cm</p>	<p data-bbox="1744 783 2029 943">Regiões de Proveniência: * I; II; III; V; **VI; RPB; +RPC; +IV</p> <p data-bbox="1744 975 2029 1134">Solos mais espessos quando comparados com o Litossolo e, portanto, com maior potencial produtivo</p> <p data-bbox="1744 1150 2029 1406">A – H. superficial B_w – H. sub-superficial, caracterizado por alteração do material originário do solo C – Material originário do solo (desagregado) R – Rocha-mãe dura</p>

Paisagem	Tipo de solo ⁽¹⁾	Tipo de perfil	Regiões de proveniência
 <p>Oleiros</p>	<p>Classificação Luvissolos órticos^(1a) Luvissolos^(1b)</p> <p>Material originário: Xistos e grauvaques pH: > 5.5</p> <p>Rocha-mãe: Xisto</p> <p>Tipo de solo a – Litossolo b – Cambissolo c - Luvissolo</p> <p>Produtividade: - c > b > a</p>	<p>Perfil: A E B_{ts} C R</p> 	<p>Regiões de Proveniência: VII</p> <p>Nota: Horizontes no perfil do solo:</p> <p>A – Horizonte superficial E – Horizonte sub-superficial, mais claro, caracterizado pela saída /eluviação de material (argila e/ou sesquióxidos de ferro e/ou alumínio) B_{ts} - Horizonte sub-superficial, compacto, difícil para o desenvolvimento das raízes; caracterizado pela entrada / iluviação de argila (t) e/ou sesquióxidos de ferro e/ou alumínio (s), com cor vermelha ou parda intensa C – Material originário do solo (desagregado); R – Rocha-mãe dura (C e R não estão na Fig.)</p>
 <p>Parque de Merenda, P. Leiria</p>	<p>Classificação ^(1a)Fluvisolos calcários ^(1b)Fluvisolos</p> <p>Material originário: sedimentos associados ao transporte pela água; em alguns casos com calcário</p> <p>Êtrico: pH > 5.5</p>	<p>Perfil: A C₁ C₂</p> 	<p>Regiões de Proveniência: IV;</p> <p>Nota: Horizontes no perfil do solo:</p> <p>A – Horizonte superficial C₁ C₂– Material originário do solo (desagregado) e transportado pela água em condições diferentes de caudal e tipo de material, que dão origem a diferentes camadas de sedimentos (C₁, C₂ e C₃) Espessura, em geral, elevada</p>

6. A FERTILIZAÇÃO POR REGIÕES DE PROVENIÊNCIA

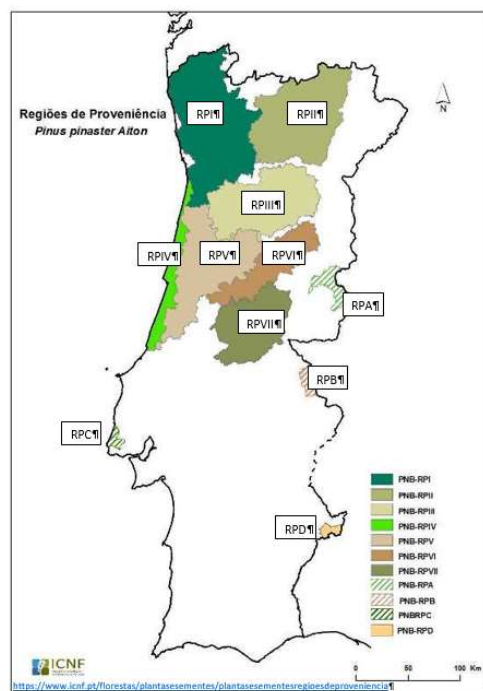
6.1. Fertilização nas Regiões de Proveniência I, II, III, VI, RP B, RP C e em parte na RP V

As recomendações neste *item* referem-se às condições comuns para as Regiões de proveniência I, II, III, VI, RP B e em parte para a RP V, nomeadamente: 1) **Cambissolos húmicos** derivados de granito, xisto, grauvaques e rochas afins (RP I, II, III); 2) **Cambissolos dístricos e húmicos** derivados de granito, xisto, grauvaques, associados a áreas de maior altitude e temperaturas médias mais baixas (RP VI e **RPB**, Serra de São Mamede); e 3) **Cambissolos húmicos** derivados de calcário e outras formações sedimentares (RP V) conforme Tabelas 1 e 2.

A **presença em matéria orgânica** (em todos os solos descritos, Cambissolos, com a designação **húmico**) em todas as condições constitui o **elo comum**, associado a maior precipitação (RP I e RP III), maior altitude (RP II, VI, RP B) e, ainda, apesar da menor precipitação, está associado à forte influência atlântica na RP V (Tabela 1). A presença de matéria orgânica no solo é muito importante, contribuindo para retenção de água e nutrientes, agregação do solo, atividade biológica e a inerente disponibilização de nutrientes ou estabelecimento de micorrizas, bem como, poder tampão ao pH ácido do solo, em particular, nas RP I, II, III e RP B. Todas as intervenções devem ser realizadas de forma a **conservar a matéria orgânica no solo** e a atividade biológica.

O risco de stresse hídrico, associado às alterações climáticas, será **maior nas RP II, V e RPB** (em locais interiores, com menor influência atlântica). Este facto poderá condicionar o potencial produtivo dos locais, como resposta à aplicação de fertilizantes, passando a ser a disponibilidade de água o fator limitante ao crescimento. Assim, será prudente conservar e aumentar o teor em matéria orgânica através da manutenção dos sobrantes no povoamento.

Uma **diferença relevante** nestas regiões está relacionada com a **rocha-mãe**. Os solos derivados de **xisto**, comparativamente aos de granito, apresentam **maior potencial produtivo**, associado a maiores teores de argila (retenção de água e nutrientes), além de ser um material de mais fácil meteorização e conseqüente desenvolvimento das raízes e maior volume de terra explorado.



A **RP C**, com **Cambissolos cálcicos éutricos e húmicos** também se enquadra neste *item*, com a diferença de solos com **maior pH** (predominância de neutro a pouco alcalino).

A resposta à fertilização será tanto maior e compensadora, em termos de investimento, quanto **melhores** forem as **condições do solo**, Cambissolos **húmicos** derivados de **xisto** e **grauvaques** e com maior **profundidade do solo**, concretamente nas **Regiões RP I, III** e em **bolsas** na **RP V** e **RPB**. Na **RP VI** a **produtividade** do povoamento poderá estar condicionada pela **temperatura média mais baixa**, conseqüente entrada mais cedo em pausa vegetativa, com redução da fotossíntese e crescimento.

Em solos de **granito**, a **profundidade do solo e a temperatura média anual, condicionam a qualidade da estação**, limitando vs potenciando a produtividade. Nestas áreas predominam **solos de pH ácido, alto teor em matéria orgânica, textura arenosa e baixos níveis de nutrientes**, especialmente de **fósforo disponível**. Nas estações com maior potencial (maior profundidade do solo e temperatura média anual) o crescimento é limitado pela disponibilidade de nutrientes, ocorrendo **deficiências**, especialmente em **P e Mg**.

Em solos de **xistos** e **gneisses** há um **bom crescimento** em locais de **baixa altitude, temperatura média mais alta** e em **solos com maior profundidade**.

Os solos de **arenito e quartzito** apresentam **maiores deficiências de nutrientes** e conseqüentemente **menor produtividade**.

Outro indicador da **qualidade da estação** está associado ao **teor foliar em P, K, Ca e Mg**, de acordo com os valores indicados no item “Níveis nutricionais nas agulhas”.

6.1.1. Fertilização à plantação

A **fertilização à plantação**, reduz a taxa de mortalidade, aumenta o crescimento e melhora as concentrações de nutrientes, com baixa disponibilidade de P, K, Ca e Mg, em geral, nestas regiões. De referir que a adubação à instalação, em particular com P promove o desenvolvimento das raízes, mantendo-se esse efeito durante 5 a 18 anos.

Na Galiza, a uma **altitude** de 530m (Submontano: 400-700m), com temperatura média anual=12°C, precipitação anual entre 1039-1976mm, a **aplicação** manual de **10g/planta de fosfato de cálcio + 15g/planta de sulfato de potássio + 5g/planta de sulfato de magnésio** (aplicação global de **P e Ca + K + Mg**), logo após a **plantação**, originou uma **resposta máxima** que variou de **30%**, **um ano após a aplicação**

até **15%, cinco anos depois**, comparativamente com o controlo. Os autores referem ainda que **não foi recomendável a aplicação de azoto (N) à instalação**.

A aplicação de **fertilizantes fosfatados durante 24 anos**, em locais com **teores** no solo **muito baixos** neste nutriente, promoveu um **crescimento sustentado**.

Para valores **inferiores a 100 mg P₂O₅/kg** será conveniente a fertilização com fósforo. Como adubo, recomenda-se a utilização de superfosfato 18 %, porque incorpora cerca de 18% de P₂O₅ e cálcio (ex. mais 10% de CaO% e 27% SO₃).

A fertilização com superfosfato 18% poderá realizar-se de acordo com o indicado na Tabela 3, em função do potencial produtivo do local e preferencialmente através de adubação localizada. Os valores indicados são relativos à aplicação de superfosfato 18%, podendo ser substituído por outro adubo com características semelhantes (**P e Ca**). Na literatura os valores recomendados variam entre 40 a 120 kg P₂O₅/ha.

Notas para interpretação das Tabelas com as indicações de fertilização (para identificação do potencial produtivo da sua área, consulte o item “NOTA EXPLICATIVA DA METODOLOGIA USADA” e a Fig. 3):

- Quanto maior for o potencial produtivo da área, maior a produção esperada; poderá investir mais na aplicação de fertilizantes, pois há potencial para responder mais e melhor, desde que haja uma boa planta e a plantação tenha sido realizada na época certa. Em zonas com menor potencial produtivo, a falta de nutrientes não é o mais relevante fator limitante à produção, que poderá ser o solo pouco profundo ou outro; portanto, o recurso à fertilização tem que ser menor, de forma a poder retirar benefícios do investimento realizado.
- O valor nas tabelas (2.ª coluna) de Kg P₂O₅/ha refere-se à quantidade recomendada de P₂O₅/ha; a 3.ª coluna indica o valor correspondente no adubo Superfosfato 18% em kg/ha (ou outro adubo conforme indicado na tabela); e a última coluna refere-se à aplicação localizada do adubo fosfatado que deverá ser realizada, no mínimo, em 2 covas em direções opostas, afastadas da planta cerca de 20-25 cm e à profundidade da planta, de forma a estimular o desenvolvimento equilibrado das raízes, promovendo maior resistência aos ventos. O uso do tubo plantador permite uma colocação mais rápida do adubo.
- A aplicação recomendada, em kg/ha, poderá ser realizada de uma só vez e em toda a parcela. No entanto, poderá também ser realizada na linha de plantação (ou projeção da copa), ou localizada (em duas covas laterais), aplicando-se nesse caso cerca de 67% a 82% (em função da área de desenvolvimento da copa) e 35%, respetivamente, do valor inicial recomendado.

Tabela 3 – Indicação de fertilização fosfatada à plantação, de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo com a aplicação de superfosfato 18%).

Recomendação à plantação (RPI, II, III, VI, RP B, RP C e parte na RP V)	Kg P ₂ O ₅ /ha	Superfosfato 18% (18% de P ₂ O ₅ e 10% de CaO)	
		kg/ha	Localizada (g/planta)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	Localizada (g/planta)
Maior	100	550	200
Médio	80	440	150
Baixo	60	330	100
Reduzido	40	220	75

De acordo com os resultados analíticos e o potencial produtivo da parcela, poderá ser aconselhável a aplicação de K e Mg, através de aplicação localizada de um adubo de libertação controlada (ternário, com Mg e menor teor em N e maior período de libertação de nutrientes, *e.g.* 9 meses).

6.1.2. Fertilização na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < 10 anos)

A fertilização **fosfatada à plantação** poderá ser **complementada** por uma aplicação a lanço na projeção da copa, com **60-100 kg P₂O₅/ha**, com **superfosfato simples**, aos **4 anos de idade**, em função do potencial produtivo da estação.

A aplicação de adubo poderá ser localizada na projeção da copa ou na entrelinha. Neste caso, deverá ser realizada previamente uma limpeza do mato, com corta-matos ou destroçador, sem afetar as raízes e o solo.

Devido à perda de nutrientes, em particular de N, por volatilização (ureia) ou lixiviação (nitromagnésio) será recomendável a aplicação de adubos ternários de libertação controlada ou adubos elementares com formulações mais estáveis (sulfato de amónio). A aplicação de adubos azotados simples não deverá ser realizada sem a aplicação de fósforo. Neste caso será conveniente aplicação conjunta de sulfato de amónio e fosfato de cálcio (superfosfatos).

É recomendada a aplicação de adubos ternários a partir dos 4 anos de idade, em função da qualidade da estação (*P. radiata*, Nova Zelândia). Os **adubos ternários** (N:P:K) deverão ter uma **composição equilibrada** ou **com maior teor de P**, e, ainda, com Mg e se possível com B.

A adubação deverá ser realizada cedo na primavera de forma a estimular o crescimento das raízes antes do período longo de verão, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Indicação de fertilização na fase de desenvolvimento nascedio (idade < 10 anos; para N:P:K, macronutrientes principais), de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo de adubo composto de libertação controlada, para aplicação localizada).

Recomendação (nascedio) (RPI, II, III, VI, RP B, RP C e parte na RP V)	N	P₂O₅	K₂O	Adubação localizada (adubo de libertação controlada)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	kg/ha	ex: 12:14:10 + Mg e B (≥8-9 meses) (g/planta)
Maior	40	40	40	100
Médio	30	30	30	70
Reduzido	15	15	15	35

Nota: A aplicação localizada do adubo deverá ser realizada na projeção da copa.

Em **locais férteis**, com teores elevados em matéria orgânica e nutrientes, **não** será necessária a **aplicação de fertilizantes** nos **primeiros 5 anos** após a plantação.

A aplicação de **ureia** como fertilizante azotado deve ser evitada, pela perda de azoto por volatilização e por reduzir a absorção de P e B (**antagonismo** entre as aplicações de **ureia** e a **absorção de P e B**).

6.1.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos)

As **aplicações de fertilizantes** contendo **cálcio e magnésio antes do fecho da copa melhoram o estado nutricional das plantações**. Nestas fases também foram evidenciadas respostas significativas no **acréscimo de volume** do povoamento às aplicações de **fósforo**.

Poderão ser aplicados **adubos ternários** (N:P:K) de **libertação controlada** com **Ca, Mg** e se possível com **B**. Poderão também ser utilizados **adubos elementares** com formulação mais **estável de azoto** (sulfato de amónio), **superfosfatos** (P e Ca), **sulfato de magnésio** (Mg) ou, também em solos muito ácidos, a aplicação de **calcário dolomítico** (Ca e Mg).

No noroeste da Espanha, mesmo áreas localizadas em terras agrícolas abandonadas, são deficientes em alguns nutrientes (P, N e K) e é recomendada a aplicação de fertilizantes para aumentar a produtividade do povoamento.

A adubação deverá ser realizada cedo na primavera de forma a estimular o crescimento das raízes e após a realização dos desbastes, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Indicação de fertilização na fase de Novedio a Fustadio, (idade 10 a 30 anos; para N:P:K, macronutrientes principais e calagem se necessário), de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo de adubo composto de libertação controlada, para aplicação localizada, ou, em alternativa, só com superfosfato 18%).

Recomendação (Novedio a Fustadio)*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Calcário dolomítico	Superfosfato 18%	Adubação na entre-linha (A. libertação controlada)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	ex: 11:22:9 + Mg (≥8-9 meses; kg/ha)
Maior	30	80	35	100	400	300
Médio	20	60	25	80	300	225
Reduzido	10	40	10	50	200	150

*Para as Regiões de Proveniência RPI, II, III, VI, RP B, RP C e parte na RP V.

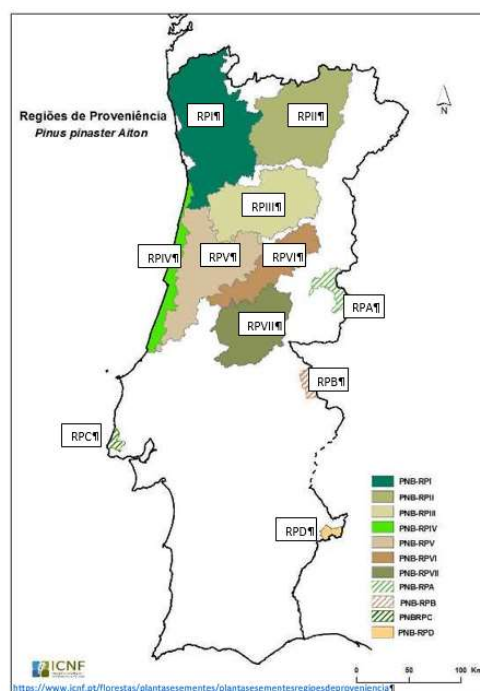
Nota: na fase de novedio a aplicação do adubo de libertação controlada deverá ser realizada na projeção da copa (aplicando-se nesse caso cerca de 75% a 82% do valor inicial recomendado em kg/ha, em função da área da copa). Os valores de superfosfato são indicados em alternativa à aplicação do adubo de libertação controlada, em solos com teores muito altos de K (>200 mg K₂O/kg) e em matéria orgânica (> 6%, em textura franca ou > 4,5% em solos arenosos).

Em “**pinheiro bravo**”, em França, a fertilização com **140 kg/ha de fósforo** em povoamentos **no final do ciclo de revolução** e em áreas com as melhores condições para a espécie (solos com maior profundidade), promoveu um aumento significativo do crescimento, 23% a 42% de crescimento acumulado em zonas de charneca méscica a húmida. Outros autores referem que a aplicação de fósforo poderá variar entre **80-140 kg/ha, em função do potencial produtivo da estação**.

6.2. Fertilização na Região de Proveniência IV e na transição para a Região V

Na região IV e, em particular, na orla costeira (duna primária) dominam os Regossolos, solos incipientes, onde o pinhal tem como objetivo principal a proteção da erosão eólica. Na região de transição para a duna secundária aparecem solos de transição para Podzóis, com maior potencial produtivo para o pinheiro, cujas recomendações são abaixo referidas.

As recomendações neste *item* referem-se às condições comuns para as Regiões de proveniência IV e V, nomeadamente: 1) Podzóis, em areias e arenitos, com potencial produtivo para o pinhal; 2) bolsas de Fluvisolos calcários e Cambissolos cálcicos nas áreas de contacto entre



areias e calcários margosos e margas, nas Regiões de Proveniência IV e em transição na Região V. Estes últimos apresentam maior potencial produtivo, comparativamente aos Podzóis, pelo maior teor em argila (retenção de água e nutrientes) e pH mais alto (presença de calcário). Nestas condições, a influência atlântica é relevante, reduzindo as amplitudes térmicas e o stresse hídrico.

A resposta à fertilização será tanto maior e compensadora, em termos de investimento, quanto melhores foram as condições do solo (teor em argila, pH e matéria orgânica).

6.2.1. Fertilização à plantação

Para valores **inferiores a 100 mg P₂O₅/kg** será conveniente a fertilização com fósforo. Como adubo, recomenda-se a utilização de superfosfato 18 %, porque incorpora cerca de 18 de P₂O₅ e 10% de CaO.

A fertilização com superfosfato 18% poderá realizar-se de acordo com o indicado na Tabela 6, em função do potencial produtivo do local.

Tabela 6 – Indicação de fertilização fosfatada à plantação, de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo com a aplicação de superfosfato 18%).

Recomendação à plantação (RPIV e transição para RPV)	Kg P₂O₅/ha	Superfosfato 18% (18% de P ₂ O ₅ e 10% de CaO)	
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	Localizada (g/planta)
Maior	80	440	150
Médio	60	330	100
Baixo	40	220	75
Reduzido	25	135	55

Nota: A resposta à fertilização será tanto maior e compensadora, em termos de investimento, quanto melhores foram as condições do solo (teor em argila, pH e matéria orgânica; ex: Fluvissoles calcários e Cambissolos cálcicos nas áreas de contacto entre areias e calcários margosos e margas > Podzóis > Arenossolos/ Regossolos dístricos).

À plantação, a aplicação de fósforo é a mais importante, porque promove o desenvolvimento radicular, enquanto que a aplicação de azoto e potássio não revelam um efeito significativo no crescimento das plantas.

Em “pinheiro bravo” nas Landes, em França, recomendam reduzir a aplicação para **40 a 60 kg P₂O₅/ha**, quando se observam teores altos de fósforo disponível.

A fertilização com fósforo apresenta efeitos mais significativos na produtividade em locais húmidos.

Num povoamento de *P. radiata*, num solo Podzol, na Nova Zelândia, em solos com teores muito baixos de boro (< 0,20 mg B/kg), a aplicação de **4-8 kg B/ha** revelou-se a **mais económica** e com melhor efeito no **crescimento das árvores em complemento com a adubação fosfatada**.

6.2.2. Na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < 10 anos)

A limpeza na entrelinha, para eliminar vegetação concorrente, com **corta-matos** ou destróador permite compensar as necessidades da planta em nutrientes. O efeito da limpeza será tanto mais acentuado quanto mais seco for o local.

Nesta fase poderá recomendar-se a **fertilização fosfatada** com **superfosfato 18%** (18% P₂O₅; 10 % CaO; 27% SO₃) ou outro equivalente na razão de **60 - 100 Kg P₂O₅/ha**. A contribuição anual em azoto (N) através do controle da vegetação (corta-matos), em povoamentos entre 5 e 15 anos, promove um aumento do crescimento do povoamento.

Num povoamento de “pinheiro bravo”, num solo Podzol, nas Landes, em França verificou-se o seguinte:

- Charneca **húmida**: um efeito significativo da **fertilização** (com **P**) no crescimento em altura (+37% aos 7 anos) e em DAP (+31% aos 9 anos); impacto significativo da **desmatação/corte de vegetação** no crescimento em altura (+16% aos 7 anos) e em DAP(+23% aos 9 anos); Aos 7 anos, os **efeitos acumulativos da fertilização fosfatada com o corte de vegetação (contributo em N)** aumentaram 42% e 44% no crescimento em altura e DAP.
- Charneca **seca**: verificou-se ausência de efeito significativo no crescimento, com a fertilização de P. A **desmatação/corte de vegetação** proporcionou um acréscimo em altura, com acréscimo significativo a partir do 4.º ano. Ao fim de 10 anos, observou-se 43% de ganho em altura e de 46% em DAP.

6.2.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos)

Na fase do novedio e bastio recomenda-se continuar com o **controlo da vegetação** concorrente, com recurso a corta-matos ou destróador, para facilitar a reciclagem de nutrientes, sem perturbar o solo, as raízes e o teor em matéria orgânica no solo.

Poderão ser aplicados **adubos ternários** (N:P:K) de **libertação controlada** com **Ca, Mg** e se possível com **B**. Poderão também ser utilizados **adubos elementares** com formulação mais **estável de azoto**

(sulfato de amónio), **superfosfatos** (P e Ca), **sulfato de magnésio** (Mg) ou, também em solos muito ácidos, a aplicação de **calcário dolomítico** (Ca e Mg).

A adubação deverá ser realizada cedo na primavera de forma a estimular o crescimento das raízes e após a realização dos desbastes e conforme Tabela 7.

Tabela 7- Indicação de fertilização na fase de Novedio a Fustadio (idade 10 a 30 anos; para N:P:K, macronutrientes principais e calagem se necessário), de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo de adubo composto de libertação controlada, para aplicação localizada).

Recomendação (Novedio a Fustadio)*	N	P₂O₅	K₂O	Calcário dolomítico	Adubação na entre-linha (adubo de libertação controlada)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	ex: 11:22:9 + Mg (≥8-9 meses) (kg/ha)
Maior	20	60	25	100	220
Médio	15	50	20	80	180
Reduzido	10	30	10	50	110

*Para as Regiões de Proveniência RPIV e transição para RPV.

Nota: na fase de novedio a aplicação do adubo de libertação controlada deverá ser realizada na projeção da copa (aplicando-se nesse caso cerca de 75% a 82% do valor inicial recomendado em kg/ha, em função da área da copa). Calcário dolomítico a aplicar só em solos com pH muito ácido.

O crescimento do pinheiro em solos inférteis, **arenosos**, pode ser melhorado através de **aplicações fracionadas dos fertilizantes**, em particular do **azoto**, de forma a reduzir as perdas por lixiviação.

Num ensaio de *P. radiata*, num solo Podzol, na Austrália verificou-se aumento de 50% no acréscimo da área basal após o segundo desbaste (aos 21 e 23 anos) e também após o terceiro desbaste (aos 30 anos), respondendo à fertilização, quando se aplicou 200 kg/ha e 100 kg/ha de azoto e fósforo (0,45 m³/árvore). Os autores referem que o crescimento em solos arenosos poderia ser melhorado pela aplicação fracionada de 3-4 anos dos fertilizantes, particularmente de N. No entanto, não foram observadas diferenças significativas com aplicações fracionadas com intervalos de 9 anos. Os ensaios demonstraram que a produtividade na planície costeira pode ser melhorada consideravelmente pela aplicação de fertilizantes N e P após o desbaste, e que essas respostas podem ser obtidas durante a última parte da revolução.

Uma fertilização desequilibrada poderá provocar efeitos desfavoráveis na inserção dos ramos e no seu diâmetro que podem ser eliminados com práticas culturais silvícolas, com o acréscimo de custos.

A fertilização com **60-100 kg/ha de fósforo** em povoamentos **no final do ciclo de revolução** e em áreas com as melhores condições para a espécie (charneca méstica a húmida), pode promover um aumento significativo do crescimento.

6.3. Fertilização nas Regiões de Proveniência VII, RP A e RP D

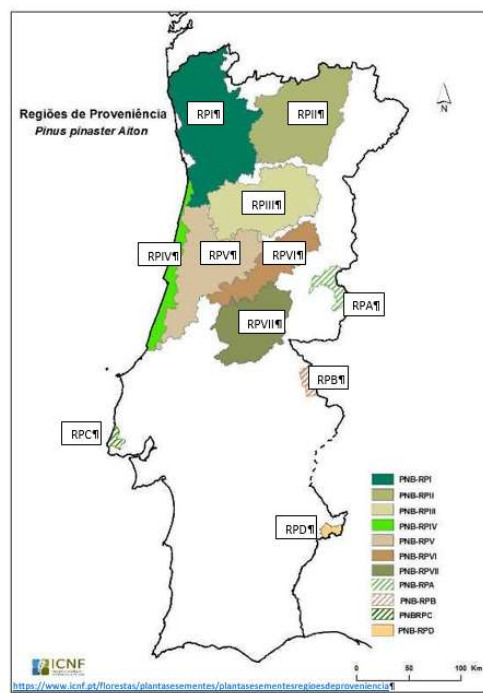
As recomendações neste *item* referem-se às condições comuns para as Regiões de Proveniência VII, RP A e RP D, nomeadamente: 1) Litossolos éutricos, derivados de granitos e rochas afins, xistos, grauvaques e bolsas de areias e arenitos pouco consolidados, na RP VII e associados a xistos e grauvaques na RP A e também a xistos argilosos na RP D, com pH superior (pouco ácido) relativamente às RP VII e RP A; 2) Luvisolos órticos, derivados de granitos e rochas afins, xistos, grauvaques e bolsas de areias e arenitos pouco consolidados, na RP VII. Os solos derivados de xisto nas RP conforme Tabelas 1 e 2.

O risco de stresse hídrico, associado às alterações climáticas, será maior na RP D, que apresenta uma localização interior, sem influência atlântica e com a temperatura média anual maior. Este facto, poderá condicionar o potencial produtivo desta RP pela resposta à aplicação de fertilizantes, passando a ser a disponibilidade de água o fator limitante ao crescimento. Assim, será prudente conservar e aumentar o teor em matéria orgânica através da manutenção dos sobrantes no solo.

Uma diferença relevante nestas regiões está relacionada com a rocha-mãe. Os solos derivados de xisto, comparativamente aos de granito, apresentam maior potencial produtivo, associado a maiores teores de argila (retenção de água e nutrientes) e, ainda, a um material de mais fácil meteorização e consequente de desenvolvimento das raízes e maior volume de terra explorado.

Outro fator relevante está associado à profundidade do solo. Assim, os Litossolos são solos menos espessos, com menor profundidade, por isso com menor potencial produtivo, tanto mais acentuado quanto maior for a dureza da rocha-mãe e a dificuldade de meteorização.

Os Luvisolos são caracterizados por um Horizonte sub-superficial, mais cromático, caracterizado pela entrada/iluviação de argila (t) e/ou sesquióxidos de ferro e/ou alumínio (s), com cor vermelha ou parda intensa (Tabela 2). Este horizonte (B_{ts}), devido ao maior teor em argila é compacto e de difícil desenvolvimento para o sistema radicular. As plantas, em particular as árvores, agradecem na



preparação do terreno à instalação o rompimento deste horizonte através de uma ripagem. Nestas condições nunca deverá ser realizada uma lavoura (reviramento das camadas argilosas).

6.3.1. Fertilização à plantação

A aplicação de **fertilizantes fosfatados** na época de plantação origina um **aumento significativo** no crescimento **a partir de 1 ano** de idade e essas diferenças no crescimento são mantidas **até aos 4 anos de idade** conforme a Tabela 8.

Tabela 8– Indicação de fertilização fosfatada à plantação, de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo com a aplicação de superfosfato 18%).

Recomendação à plantação (RP VII, RP A e RP D)	Kg P ₂ O ₅ /ha	Superfosfato 18% (18% de P ₂ O ₅ e 10% de CaO)	
		kg/ha	Localizada (g/planta)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	Localizada (g/planta)
Maior*	90	500	200
Médio	70	380	150
Baixo	50	250	100
Reduzido**	20	110	45

*Luvisolos, mais profundos com argila e com maior teor de humidade; na preparação de terreno nunca se deve revirar as camadas argilosas (não utilizar charruas / lavoura);

**Litossolos, solos pouco profundos (e em particular nas zonas mais secas)

Nas melhores condições de solos, Luvisolos mais espessos e com maior teor de humidade, poderá proceder-se à aplicação localizada de 200 g de fosfato di-amónio por planta (ex. 18:46:0).

Áreas de **baixa altitude**, com **pouca precipitação** e com **solos pedregosos**, de **baixa fertilidade natural**, (ex. litossolos êutricos de xistos, grauvaques e xistos argilosos da **RP D**), são normalmente considerados **marginais para silvicultura**. Nestas zonas, a **humidade** do solo é o **fator** mais **limitante** para a **sobrevivência e crescimento das árvores**. A seleção e instalação de **material vegetal** com **tolerância à seca** é uma vantagem para a sobrevivência e o crescimento precoce das árvores nestes locais. A realização de um **controlo eficaz das infestantes** (com corta-matos ou destroçador, ou motorroçadora, deixando os sobrantes à superfície) durante a fase de estabelecimento do povoamento contribui para **ganhos** de crescimento.

Estudos realizados em áreas marginais à instalação de *P. radiata*, revelaram que o efeito da fertilização com boro (B) só poderá ocorrer quando a humidade do solo é melhorada através do controlo das infestantes. A aplicação de 4 kg B/ha, quando combinada com o controlo das infestantes, mostrou ser a mais económica e com um maior efeito no crescimento das árvores.

6.3.2. Na fase de desenvolvimento do Nascedio (idade < a 10 anos)

A **fertilização fosfatada** à **plantação** poderá ser **complementada** por uma aplicação a lanço na entrelinha com **60-100 kg P₂O₅/ha**, com **superfosfato simples**, aos **4 anos de idade**, de acordo com o potencial produtivo do local.

6.3.3. Na fase de desenvolvimento do Novedio a Fustadio (10-30 anos)

Na fase do novedio e bastio recomenda-se continuar com o **controlo da vegetação** concorrente, com recurso a corta-matos ou destroçador, para facilitar a reciclagem de nutrientes, sem perturbar o solo, as raízes e promover um aumento do teor em matéria orgânica no solo. Os sobrantes dos desbastes deverão ficar no solo.

Poderão ser aplicados **adubos ternários** (N:P:K) de **libertação controlada** com **Ca, Mg** e se possível com **B**. Poderão também ser utilizados **adubos elementares** com formulação mais **estável de azoto** (sulfato de amónio), **superfosfatos** (P e Ca), **sulfato de magnésio** (Mg) ou, em solos muito ácidos, a aplicação de **calcário dolomítico** (Ca e Mg).

Num povoamento de “pinheiro bravo”, num solo Podzol, nas Landes, em França verificou-se que as **aplicações de N, na ausência de P, não promovem aumentos no crescimento**.

A adubação deverá ser realizada no fim do inverno, de forma a estimular o crescimento das raízes na primavera e após a realização dos desbastes e conforme Tabela 9.

Tabela 9- Indicação de fertilização na fase de Novedio a Fustadio (idade 10 a 30 anos; para N:P:K, macronutrientes principais e calagem se necessário), de acordo com o potencial produtivo do local (exemplo de adubo composto de libertação controlada, para aplicação localizada).

Recomendação (Novedio a Fustadio)*	N	P₂O₅	K₂O	Calcário dolomítico	Adubação na entre-linha (adubo de libertação controlada)
Potencial produtivo da estação	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	ex: 11:22:9 + Mg (≥8-9 meses) (kg/ha)
Maior**	25	70	30	100	260
Médio	15	50	20	80	180
Reduzido	10	30	10	50	110

*Regiões de Proveniência RP VII, RP A e RP D; **Luvisolos, mais profundos com argila e com maior teor de humidade.

Nota: nestas fases de novedio a aplicação do adubo de libertação controlada deverá ser realizada na projeção da copa (aplicando-se nesse caso cerca de 75% a 82% do valor inicial recomendado em kg/ha, em função da área da copa). Calcário dolomítico a aplicar só em solos com pH muito ácido.

A fertilização com **70-120 kg/ha de fósforo** em povoamentos **no final do ciclo de revolução** e em áreas com as melhores condições para a espécie (Luvisolos e com maior teor de humidade), pode promover um aumento significativo do crescimento.

7. Avaliação da fertilidade da parcela

7.1. Normas para colheita de amostras de solo

As amostras de solo para análise devem representar a área que se pretende avaliar, considerando a constituição das rochas (litologia), solo e clima (características edafoclimáticas).

- ✓ Dividir o povoamento em parcelas homogéneas (tipo de solo, topografia, exposição, coberto vegetal, idade e técnicas culturais praticadas).
- ✓ Estabelecer parcelas homogéneas até um máximo de 5ha.
- ✓ Colher uma amostra composta do solo por cada parcela homogénea de terreno, isto é:
 - Remover as infestantes, pedras e outros detritos à superfície do terreno antes de colher cada subamostra nesse ponto.
 - No ponto limpo introduz-se a sonda ou abre-se uma cova para a colheita da terra.
 - Percorrer a área em ziguezague para colher as subamostras.
 - Colher 12 a 15 sub-amostras de terra de 0-50 centímetros de profundidade (se possível).
 - Misturar bem a terra resultante das 15 a 20 subamostras num balde e eliminar pedras (com diâmetro superior ao de uma amêndoa, 2 cm), detritos e sobranes vegetais.
 - Retirar cerca de 0,5 kg de terra para um saco de plástico limpo.
- ✓ Identificar a amostra com duas etiquetas, uma colocada dentro do saco e outra por fora, atada a este com um cordel, com a informação do local ou a zona da propriedade e o proprietário.
- ✓ Enviar a amostra para o laboratório acompanhada de uma ficha informativa devidamente preenchida.

Cuidados a observar:

- Não misturar terra com características diferentes, para não distorcer os resultados das análises.
- Não colher amostras em locais encharcados, próximos de caminhos, edificações, ou onde tenham sido depositados produtos contaminantes.

Em **Portugal**, para a instalação e monitorização da fertilidade das parcelas com **culturas perenes de sequeiro**, é sugerida a colheita de amostras à profundidade de **0-50 cm** ou de **0-20 cm e 20-50 cm** em **solos ácidos** ou nas situações em que se esperam **diferenças acentuadas de fertilidade** entre as **duas camadas** de terra.

7.2. Extração de nutrientes pela espécie *P. pinaster*

Ensaio instalados no **NW de Espanha**, em solos jovens e ricos em matéria orgânica, com alta concentração de N e baixas concentrações de P, Ca, Mg e K extraíveis, indicam as extrações de macronutrientes, através da madeira do tronco com casca, no final da revolução, em dois sistemas de exploração silvícola (alta densidade à instalação: **2100-2500 árv./ha**, com 3-4 desbastes médios; baixa densidade: **1250-1300 árv./ha**, com dois fortes desbastes (Tabela 10).

Tabela 10 – Exportações estimadas de nutrientes (kg/ha) através do corte raso (madeira do tronco c/ casca) sob duas estratégias silvícolas diferentes: baixa densidade e alta densidade

Densidade	N	P	K	Ca	Mg
	Kg/ha				
Alta densidade	512,5	19,8	214,3	172,7	83,0
Baixa densidade	437,4	16,9	182,6	147,8	71,0

Nota: alta densidade: 2100-2500 árv./ha (à instalação), com 3-4 desbastes médios; baixa densidade: 1250-1300 árv./ha, com dois fortes desbastes.

Verifica-se que o **tipo de silvicultura** praticada tem um **efeito significativo** sobre as **quantidades de nutrientes que retornam ao solo através dos sobrantes dos desbastes** realizados ao longo do tempo. Nos sistemas de **baixa densidade**, o desbaste forte permitiu uma **reposição mais homogênea** de nutrientes ao longo do tempo, na medida em que há maior quantidade de sobrantes produzidos e reciclados. No entanto, para tomar a melhor decisão há que ponderar outras variáveis, como a maior quantidade de luz no povoamento, maior regeneração de mato, aumento do risco de incêndio e a inerente necessidade de maior controlo de mato (com destróador).

7.3. Avaliação do estado nutricional das plantas

7.3.1. Diagnose visual de carências

Diagnosticar deficiências de nutrientes em coníferas poderá ser um desafio, porque muitos “sintomas padrão” usados para diagnosticar carências em plantas de folha larga (folhosas), como clorose venal ou necrose marginal, não se aplicam às espécies resinosas.

A geologia de uma área é um indicador muito útil do estado nutricional e de outras características do solo. Não significa que geralmente uma floresta que cresce em um material original do solo em particular terá necessariamente um problema nutricional. No entanto, se os sintomas aparecerem e

a geologia de base puder ser identificada, as possíveis causas podem ser agrupadas imediatamente (Tabela 11).

Tabela 11 - Materiais originais do solo e as possíveis carências em nutrientes para o *Pinus radiata* (Turner *et. al.*, 1979)

Geologia/Rocha-mãe	Possíveis carências (macronutrientes e micronutrientes)
Sedimentos não consolidados: areias costeiras	P, Ca, N
Solos de sedimentos com presença de calcário (loess)	P Zn, Mn, Cu
Xistos	P, Ca
Granitos	P, Ca; S e/ou B (com níveis próximos ao adequado)
Basalto, diorito	S e/ou B

Algumas deficiências de nutrientes originam, nas coníferas, sintomas que podem ajudar no diagnóstico visual do nutriente em deficiência (Tabela 12).

Tabela 12 – Sintomatologia de carências em coníferas em nutrientes (macro nutrientes principais: N e P) e a indicação do período mais acentuado dos sintomas (Turner *et. al.*, 1979; Chapman, 2005)

Nutrientes	Sintomatologia de carência	Início mais grave dos sintomas
Azoto (N)	Clorose geral, com folhagem uniformemente verde clara a amarela com agulhas curtas. A deficiência pode aparecer primeiro nas folhas mais velhas (porque o N é móvel na planta). Pode haver um tufo de folhagem verde mais longa no gomo principal dominante. As árvores são altas e delgadas com pequenas ramificações. Esta carência é provável em solos arenosos, sem matéria orgânica ou em áreas em que a camada superficial do solo tenha sido retirada.	6-15 anos
Fósforo (P)	Os sintomas podem ser variáveis, mas um dos indicadores mais relevante é um tom arroxeado na folhagem, referido como "coração púrpura". Árvores altas e finas, com ramificações curtas e queda de agulhas. Agulhas anormalmente curtas, assim como os gomos terminais. Em algumas árvores, as agulhas são fundidas. Copa fina, estreita, pouca desenvolvida e com cor verde acinzentada. Dentro do povoamento, o crescimento é muito irregular e haverá uma série de sintomas. Em árvores jovens, aparecem pontas de agulhas amarelas a partir de meados do verão, principalmente na copa inferior (porque é um nutriente móvel na planta).	6-15 anos

Tabela 12 (Continuação) – Sintomatologia de carências em coníferas em nutrientes e a indicação do período mais acentuado dos sintomas (Turner *et. al.*, 1979; Chapman, 2005)

Nutrientes	Sintomatologia de carência	Início mais grave dos sintomas
Potássio (K)	<p>Amarelecimento da ponta da agulha.</p> <p>Os sintomas geralmente ocorrem na parte inferior da copa e se intensificam no final do inverno na folhagem da temporada anterior (porque é um elemento móvel na planta).</p> <p>A clorose ocorre principalmente nos ramos laterais inferiores, os ramos superiores mais jovens permanecem inalterados, enquanto o rebento principal permanece aparentemente saudável. O início da clorose é rápido na primavera, mas no final do outono, com um amarelecimento menos acentuado e uma folhagem mais uniforme.</p> <p>As agulhas duram apenas 1 a 2 anos em vez de 3 a 4 anos, então amarelecem e caem.</p> <p>Ocorre em areias podzolizadas e particularmente onde o crescimento foi aumentado pela adição de fertilizantes de azoto e fósforo.</p>	4-8 anos
Cálcio (Ca)	<p>O gomo terminal /apical morre (perda de dominância apical), os gomos laterais abroham dando uma aparência achatada e coberta no topo da árvore. Pode haver produção abundante de pinhas e abundante produção de resina próximo ao gomo terminal.</p>	>15 anos
Magnésio (Mg)	<p>Clorose pronunciada nas pontas das agulhas, de cor amarelo-ouro na área da copa superior (elemento pouco móvel na planta). Em algumas estações, o amarelecimento ocorre nas agulhas do ramo principal.</p> <p>Os sintomas desenvolvem-se no início do verão na folhagem da temporada anterior e são mais severos em anos secos ou após a poda.</p> <p>Árvores com mais de 10 anos apresentam os mesmos sintomas e exibem perda de agulhas e morte de ramos na copa superior.</p>	3-6 anos
Enxofre (S)	<p>Amarelecimento geral das árvores com amarelecimento mais pronunciado na base das agulhas. Em casos graves, aparecem lesões e há produção de resina nos ramos.</p>	1-15 anos
Boro (B)	<p>Redução do crescimento em altura e distorções do caule; perda da dominância do gomo apical/ terminal; árvores raquíticas e arbustivas que lembram sebes artificiais.</p> <p>Os sintomas ocorrem durante o verão ou mais tarde, quando o rebento do ramo principal morre, seguido de morte dos rebentos nas pontas dos ramos superiores. Os gomos principais morrem rapidamente e o caule curva-se, bifurca e deforma-se. As agulhas terminais são curtas e espaçadas e os gomos ficam revestidos com resina. Manchas brancas de resina seca ocorrem nas partes afetadas do caule.</p> <p>Os rebentos terminais e o gomo principal dominante morrem com uma coloração vermelho-alaranjada brilhante. A medula é preta ou castanho escuro. A medula jovem é salpicada de castanho escuro. A deficiência de B é mais severa em solos erodidos.</p>	1-7 anos
Cobre (Cu)	<p>O ramo principal dominante e os outros ramos tornam-se torcidos, com um ângulo horizontal.</p> <p>Os sintomas não são específicos, mas pode aparecer folhagem verde-azulada escura, ramos torcidos. Crescimento prostrado em casos extremos.</p> <p>Os sintomas podem ser relevantes em solos de areias costeiras e em locais de baixa fertilidade onde foram aplicados azoto e fósforo.</p>	3-10 anos
Zinco (Zn)	<p>As agulhas terminais são curtas, de cor acastanhada e agrupadas no final do ramo, em forma de rosetas, em redor do gomo principal dominante, que apresenta um crescimento reduzido. Crescimento atrofiado da árvore.</p>	3-6 anos
Ferro (Fe)	<p>Manifesta-se pela clorose férrica, com um amarelecimento das folhas, especialmente as mais jovens.</p>	
Manganês (Mn)	<p>As agulhas são de um amarelo muito claro, principalmente no período de crescimento na primavera. A deficiência é mais evidente no topo das árvores. Crescimento mais recente extremamente curto e um tanto curvo.</p> <p>Ocorrem em zonas, ou próximo, de afloramentos de calcário ou em áreas de erosão próximas (antagonismo iónico Ca/Mn).</p>	3-10 anos

As deficiências mais comuns em micronutrientes em coníferas estão associadas a Fe, Mn, Cu e B. Se forem observados sintomas ou crescimento deficiente e houver suspeita de desequilíbrio de nutrientes, aconselha-se a realização de análise foliar e do solo, para confirmar o diagnóstico visual.

7.3.2. Normas de colheita de material vegetal

A análise foliar permite fazer um diagnóstico nutricional dos povoamentos. As **amostras das agulhas** são **colhidas** nas **extremidades de 3 ramos por árvore** no **terço superior** das **copas da árvore** (segundo Ballard & Carter (1986)). Deverão ser **colhidas agulhas mais jovens totalmente expandidas** e da **mesma parte da copa** (ex. **terceiro verticilo do topo**) e com a **mesma representatividade por árvore** (Mead e Will, 1976; Will, 1985).

A **amostragem foliar** deve ocorrer a **meio do inverno**, quando os **nutrientes foliares** tendem a ser **mais estáveis** (Fife e Nambiar, 1982). Os **nutrientes analisados** devem incluir todos os **macronutrientes** (N, P, K, Mg, S, Ca) e os **micronutrientes principais** (Fe, Mn, Cu, B, Cu). Na **Nova Zelândia**, as **amostras** das agulhas são colhidas anualmente no início do **outono** e em **ramos de segunda ordem**, no **terço superior da copa** em, no **mínimo**, em **10 árvores por subparcela**, com base nas recomendações de Mead e Will (1976) e Will (1985).

Na Nova Zelândia, a folhagem do ***Pinus radiata*** é amostrada no final do outono e início do inverno. As amostras são retiradas da extensão total do crescimento do ano anterior, no segundo verticilo principal abaixo do gomo principal. Quando necessário (por exemplo, com árvores muito jovens), todos os gomos neste verticilo são incluídos, mas é geralmente selecionado um ramo. Todas as agulhas no gomo são removidas para que a amostra a enviar para análise seja totalmente representativa do crescimento de um ano. Esta operação é realizada imediatamente após remover o gomo da árvore. A amostra é colocada num saco de papel, etiquetada e fechada (Turner et. al., 1979).

O Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIAV) refere que, em povoamentos de **pinheiro manso**, a **colheita de agulhas** deve ser realizada no período de **repouso vegetativo (janeiro/fevereiro)**, após a colheita das pinhas. Deverão ser **colhidas as agulhas** que se situam no **terço médio dos ramos** que iniciaram o seu desenvolvimento na **primavera anterior**; devendo estes ramos localizar-se na **base**

do terço superior da copa e na área exterior da copa (INIAV, Dossier Técnico - Vida Rural, setembro 2017).

Em culturas permanentes, é recomendada a definição na **parcela** de uma **unidade de amostragem permanente**, através da **marcação de 20 árvores distribuídas aleatoriamente** na parcela. Cada unidade de amostragem deverá representar uma área homogênea até um máximo de 5 hectares.

7.3.2. Níveis nutricionais nas agulhas

A **aplicação de fertilizantes NPK** promove um **maior teor** destes nutrientes **nas agulhas**. No entanto, verifica-se que a **aplicação de fertilizantes fosfatados** poderá promover a ocorrência de um **antagonismo P/N** e de um **sinergismo P/K**. **Níveis baixos de fósforo e potássio** podem originar um **desequilíbrio** nas razões **N/P (> 12,5)** e **N/K (> 4)**.

As **deficiências foliares** mais **frequentes** nos povoamentos de “**pinheiro bravo**” são o **P, N e K**.

Verifica-se que as concentrações de **P, Mg e K diminuem** com a **idade das agulhas**, porque são mais móveis na planta; **P e Mg diminuem exponencialmente**. As concentrações em **Ca, S, Fe, Mo e Mn aumentam com o envelhecimento** das agulhas, porque não são móveis na planta, seguindo diferentes tendências para cada elemento (Ca, Fe e Mo aumentam de **forma exponencial** e S e Mn com uma **evolução logarítmica**). As concentrações de C, N e Al apresentam um **aumento inicial** e depois **diminuem com a idade**, mostrando uma **tendência parabólica**. As concentrações de Cu e Zn também apresentam um **aumento inicial**, mostrando posteriormente uma **tendência parabólica**. A concentração de B apresenta uma **tendência errática**, isto é, os padrões de variação não são claramente definidos.

As concentrações foliares de K, Ca e Mg estão mais **estritamente relacionadas** com a **qualidade da estação**, e o K foliar varia muito e está **associado às características da rocha-mãe** (maiores em solos de granito).

Para a avaliar o **teor em nutrientes** nas **agulhas** é utilizada a **classificação** referida por **Bonneau (1995), Boardman et al., (1997) e Balboa (2005)** (Tabela 13).

Tabela 13 - Níveis de concentração em nutrientes (mg/g, N em %) para as folhas do “pinheiro bravo”.

Nutriente	Níveis deficientes (%)	Níveis marginais (%)	Níveis satisfatórios (%)
N	< 1	1 - 1,2	1,2 - 1,5
P	< 0,8	0,8 - 1,1	1,1 - 1,5
K	< 3	3- 5	> 5
Ca	< 0,6	1	1 - 1,2
Mg	< 0,7	0,7 - 1	> 1
S	-	-	0,5 - 1,6
Mn	0,007 - 0,01	-	> 0,014
Fe	< 0,024	0,024 - 0,065	0,065- 0,217
Cu	< 0,003	0,003 - 0,004	0,004 - 0,019
Zn	< 0,01	-	> 0,01
B	>0,006	0,006-0,016	>0,016

Fonte: Bonneau (1995), Boardman et al., (1997) e Balboa (2005).

A Tabela 14 apresenta os **teores** considerados **satisfatórios para agulhas com 1 ano de idade**.

Tabela 14 - Valores satisfatórios de macro e micronutrientes nas folhas com 1 ano de idade.

Nutrientes	N (%)	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	S mg/g	Fe mg/g	Cu mg/g	Mn mg/g	Zn mg/g	B mg/g
Folhas com 1 ano	1,22	1,35	>5	>1,0	>1,0	>0,73	>0,07	>0,0035	>,014	>0,01	>0,016

Fonte: Fraga, C.E. (2016). Analysis of edaphic and ecophysiological parameters in relation to nutrient levels and growth of *P. pinaster* in acidic soils.

8. O final da revolução e a gestão de sobrantes

Quando é realizado o **corte final do povoamento**, deve-se **minimizar a exportação** de material rico em minerais, como as **bicadas (agulhas, ramos), casca, cepos e raízes finas**.

O **aumento da intensidade da colheita para biomassa afeta o balanço de nutrientes**, verificando-se que a **extração de cepos** tem **efeito significativo** no **balanço de fósforo, potássio e cálcio**, enquanto a **extração de ramos (bicadas)** tem **efeito significativo** no **balanço de azoto e magnésio**.

Para **manter a fertilidade do ecossistema a longo prazo**, é importante **limitar a exportação** através das **partes mais ricas em elementos minerais: agulhas, ramos, cascas e raízes finas**. A **Remoção sistemática dos sobrantes e cepos** pode levar ao **esgotamento das reservas de nutrientes nos solos a longo prazo**.

O **aproveitamento das cinzas da combustão** da caldeira de biomassa na floresta, restituiria parcialmente ao solo o cálcio, potássio, magnésio, ferro, boro e manganês. No **contexto de extração de biomassa do ecossistema**, a **incorporação de cinza de caldeira de biomassa com a fertilização fosfatada inicial** é uma das formas adotadas para **compensar as perdas por extração de biomassa**.

Em **áreas arenosas próximas do litoral**, as análises foliares sugerem que a **disponibilidade** para as árvores dos **nutrientes N, P, K, B, Mn e Zn** é **reduzida** durante os **períodos críticos de estabelecimento do povoamento** pela **remoção dos sobrantes** e **melhorada** pela **retenção de material de corte**. Uma **maior C/N das camadas orgânicas** da floresta promove uma **diminuição do diâmetro das árvores (em 5 anos)**, devido à competição dos microrganismos pelos nutrientes e, em particular, pelo N; e, **após 11 anos**, verifica-se uma **correlação positiva entre o diâmetro e a retenção de sobrantes**. Facto que está relacionado com os processos **de humificação e mineralização lentos da matéria orgânica com razão C/N elevada**, característica da folhada de povoamentos de resinosas.

A maior parte do **P** nos solos florestais da **Região de Proveniência I** (entre 60 e 85% do valor total) está **vinculado à matéria orgânica**, refletindo elevada acumulação e retenção e, conseqüentemente, **baixa disponibilidade**. Nas regiões mais quentes, a **libertação de nutrientes do material em decomposição é mais rápida e aumenta após o corte raso, aumentando o fluxo de curto prazo de alguns nutrientes**.

Para garantir o **crescimento/regeneração do povoamento**, o processo de **exploração** realizado durante os **desbastes** ou **corte final** deverá ser executado de forma a **reduzir o impacto no solo**, nomeadamente a **compactação** e a **erosão**: 1) em solos com argila e/ou maior declive, a exploração deverá ser realizada durante o fim da primavera ao início do outono, com o solo seco, de forma a minimizar a compactação do solo (em solos com maior teor em argila) e a reduzir a erosão (em parcelas com maior declive); 2) deverão ser minimizadas as práticas de recarga da madeira, em particular com o solo húmido; 3) deverão ser utilizadas máquinas adequadas e com menor peso, de forma a reduzir a compactação do solo; 4) o movimento de máquinas deve ser realizado de forma a não destruir sistemas de drenagem instalados; 5) a rede de trilhos de extração deve ser feita para cota superior, de modo a que a convergência em carregadouro não concentre erosão; e 6) a deposição de ramos e bicadas nos trilhos reduz a compactação e a erosão do solo.

9. Bibliografia

- Albaugh, T. J.; Alvarez, J.; Rubilar, R. A.; Fox, T. R.; Allen, H. L.; Stape, J. L.; Mardones, M. (2015). Long-term *Pinus radiata* productivity gains from tillage, vegetation control, and fertilization. *Forest Science*, Volume 61, Issue 4, August, 800-808. <https://doi.org/10.5849/forsci.14-207>
- Ali, M. A., Louche, J., Duchemin, M., Plassard, C (2014). Positive growth response of *Pinus pinaster* seedlings in soils previously subjected to fertilization and irrigation. *Forest Ecology and Management*, 318, 62-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.01.006>
- Alliance Forêts Bois - Coopérative Forestière (2018). Comment reboiser? en *Pin maritime* ou en *Pin taeda*. Dossier reboisement, septembre 2018, 1-4. Disponível em: <https://www.allianceforetsbois.fr/wp-content/uploads/2018/09/DOSSIER-REBOISEMENT-Comment-reboiser-en-Pin-maritime-et-Pin-taeda-sept-2018.pdf>
- Álvarez-Álvarez, P., Khouri, E. A., Cámara-Obregón, A., Dorado, F. C., Barrio-Anta, M. (2011). Effects of foliar nutrients and environmental factors on site productivity in *Pinus pinaster* Ait. stands in Asturias (NW Spain). *Annals of Forest Science*, 68(3), 497–509. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0047-5>
- Birk, E. M. (1994). Fertiliser use in the management of pine and eucalypt plantations in Australia: a review of past and current practices. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 24(2/3), 289-320, ISSN/ISBN: 0048-0134. Disponível em: https://www.scionresearch.com/_data/assets/pdf_file/0004/59647/NZJFS242-and-31994BIRK289_320.pdf
- Brito, F. M. V. de (1970). Problemática da nutrição mineral do pinheiro bravo – Achegas para a sua definição. *Revista Agronómica*, Vol. LIII-Tomo II, 26 p.
- Calama, R., Madrigal, G., Candela, J. A., Montero, G. (2007). Effects of fertilization on the production of an edible forest fruit: stone pine (*Pinus pinea* L.) nuts in South-West Andalusia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(3), 241-252. <https://doi.org/10.5424/srf/2007163-01013>
- Cardoso, J. C., Bessa M. T., Marado, M. B. (1973). Carta de solos de Portugal (1:1 000 000). *Agonomia Lusit.*, 33, 481-602.
- Carlyle, J. C. (1998). Relationships between nitrogen uptake, leaf area, water status and growth in an 11-Year-old *Pinus radiata* plantation in response to thinning, thinning residue, and nitrogen fertiliser. *Forest Ecology and Management*, 108(1-2), 41-55. <https://doi.org/10.4267/2042/56058>
- Chaperon, H. (2014). Les forêts plantées de pin maritime réalités actuelles et évolution de la sylviculture landaise." *Revue Forestiere Francaise*, 66(3), 279-88. <https://doi.org/10.4267/2042/56058>
- CNPF, Institut pour le Développement Forestier; cpfa, Agricultures & Territoires, Chambre d'Agriculture Aquitaine. (2015). Développement: Massif des Landes de Gascogne - II Etat des connaissances Techniques. 89 p. <https://docplayer.fr/64515126-Developpement-massif-des-landes-de-gascogne-ii-etat-des-connaissances-techniques-octobre-2015.html>
- Cregg, B. (2005). Conifer nutrition. *Conifer Corner*, The Michigan Landscape, September/October, 42-45. Disponível em: <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78626/conifernutrition.pdf>
- CRPF, Centre Régional de la Propriété Forestière (2008). Le *Pin maritime* - pilier de l'économie forestière d'Aquitaine, 1-6. Disponível em: <https://www.yumpu.com/fr/document/read/17418985/le-pin-maritime-pilier-de-leconomie-forestiere-daquitaine>
- Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de junho. Diário da República, 1.ª série - N.º 114 - 15 de junho de 2015. Ministério da Economia: 3756-3788. Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/103-2015-67485179>
- Despacho n.º 1230/2018 Código de Boas Práticas Agrícolas. *Diário da República*, 2.ª série - N.º 25 - 5 de fevereiro de 2018. Ambiente e Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural, 4132-4170. Disponível em: <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/1230-2018-114627305>
- Dumbrell, I. C., McGrath, J. F. (2003). Growth and nutrient relationships of juvenile *Pinus pinaster* grown on ex-farmland in western Australia. *Australian Forestry*, 66(2), 137-144. <https://doi.org/10.1080/00049158.2003.10674903>
- Forest Research Institute Limited (2005). *Field guide to common pests, diseases, and other disorders of Radiata Pine in New Zealand*". Extract of pages 40–55 "Other Disorders. Compiled by Sandra Chapman. Forest Research Bulletin 207. New Zealand Forest Research Institute Limited. Disponível em: http://www.nzfoa.org.nz/images/stories/pdfs/content/fhrc_reports/2002-03x.pdf

- Fraga, C. E. (2016). *Analysis of Edaphic and ecophysiological parameters in relation to nutrient levels and growth of Pinus pinaster in acidic soils*. Departamento de Producción Vegetal Escuela Politécnica Superior - Lugo. Disponível em: <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/14851>
- Fraga, C. E., Sánchez Rodríguez, F. S., Soalleiro, R. R. (2012). Macro y micronutrientes en acículas de *Pinus pinaster* de diferentes clases de edad y relación con el índice de sitio de las plantaciones. *Revista Real Academia Galega de Ciencias*, (31), 137-62. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5615261>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2020). Regiões de Proveniência. Disponível em: <https://www.icnf.pt/florestas/plantasesementes/psregioesdeproveniencia?m=draft>
<https://www.icnf.pt/api/file/doc/70112f706c29e256>
- IUSS Working Group WRB (2014) *World reference base for soil resources 2014*. Schad P, van Huyssteen C, Micheli E. (eds.). World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 189 p. ISBN 978-92-5-108369-7
- Jones, A., Montanarella, L., Jones, R. (2005). *Soil atlas of Europe*. Jones, A.; Montanarella, L.; Jones, R. (eds.), European Commission, 128 p. ISBN : 928948120X. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083156521>
- Jones, H. S., Beets, P. N., Kimberley, M. O., Garrett, L. G. (2011). Harvest residue management and fertilisation effects on soil carbon and nitrogen in a 15-year-old *Pinus radiata* plantation forest. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 339-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.040>
- Khouri, E. A., Líbano, E. C, Prendes, J. A. O., Varela, J. J. G., Obregón, M. A. C. (2009). Crecimiento anual en volumen y estado nutricional de *Pinus Pinaster* Ait. en Asturias, Espanha. *Ciencia forestal en México*, 34(106), 107-126. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000200006&lng=es&nrm=iso
- Les cahiers du groupe *Pin maritime* du futur (2013). Installation des peuplements. *Les cahiers de la reconstitution*. Nº3 Mai. Disponível em: https://www.gisgpmf.fr/IMG/pdf/cahiers_reconstitution_n3_installation.pdf
- Les cahiers du groupe *Pin maritime* du future (2016). 20 ans de progrès et d'innovation. Nº 5, novembre, 15 p. Disponível em: <https://www.gisgpmf.fr/IMG/pdf/-2.pdf>
- Les cahiers du groupe *Pin maritime* du future (2019). Gestion du sous-bois et de la fertilisation - Gestion combinée du sous bois et de la fertilisation pour améliorer la production des peuplements de *Pin maritime*. Nº 6, Mai, 1-8. Disponível em: <https://www.gisgpmf.fr/IMG/pdf/.pdf>
- Marcelo, M.E.; Jordão, P.; Calouro, F. (2017). A fertilização do pinheiro-manso - algumas notas. INIAV. Dossier Técnico, *Vida Rural*, Ed. Setembro 2017, 32-33.
- Martins, P., Sampedro, L., Moreira, X., Zas, R. (2009). Nutritional status and genetic variation in the response to nutrient availability in *Pinus pinaster*. A multisite field study in Northwest Spain. *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1429-1436. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.041>
- May, B. M., Carlyle, C. J. (2005). Nitrogen volatilisation from urea fertiliser in mid-rotation *Pinus radiata* plantations in south-eastern Australia". *Australian Forestry*, 68(1), 20-26. <https://doi.org/10.1080/00049158.2005.10676222>
- May, B., Elms, S., Hopmans, P., McKay, L., Hetherington, S., Bruce, J., Edwards, K., Hanssen, R. (2017). *ProFert-Pine - A Fertiliser Tool for Softwood Plantations in Southern Australia*. Project number: PNC342-1415. 87 p. Disponível em: https://www.fwpa.com.au/images/resources/-2017/ProFert_Final_Report_-_PNC342-1415.pdf
- May, B.; Smethurst, Carlyle, C.; Mendham, D; Bruce, J.; Baillie, C. (2009). Review of fertiliser use in Australian forestry. Project Number: PRC072-0708. Sustainability & Resources, *Forest & Wood Products Australia*, July 2009, 96 p. Disponível em: https://www.fwpa.com.au/images/processing/PRC072-0708_Fertiliser_Review_Research_Report_0.pdf
- McGrath, J. F., Dumbrell, I. C., Hingston, R. A., Copeland, B. (2003). Nitrogen and phosphorus increase growth of thinned late-rotation *Pinus radiata* on coastal sands in Western Australia. *Australian Forestry*, 66(3), 217-222. <https://doi.org/10.1080/00049158.2003.10674915>
- Merino, A., Balboa, M. A., Soalleiro, R. R., González, J. G. A. (2005). Nutrient exports under different harvesting regimes in fast-growing forest plantations in southern Europe. *Forest Ecology and Management*, 207(3), 325-339. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.074>
- Nilsson, U., Allen, H. L. (2003). Short- and long-term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 175(1-3), 367-77. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00140-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00140-8)

Office National des Forêts (2013). Plateau landais *Pin maritime* des landes - itinéraires techniques de travaux sylvicoles (ITTS), 1-133. Disponível em: <https://docplayer.fr/25398609-Itineraires-techniques-de-travaux-sylvicoles-i-t-t-s-plateau-landais-pin-maritime-des-landes.html>

Olykan, S. T., Jianming, X., Clinton, P. W., Skinner, M. F., Graham, D. J., Leckie, A. C. (2008). Effect of boron fertiliser, weed control and genotype on foliar nutrients and tree growth of juvenile *Pinus radiata* at two contrasting sites in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4), 1196-1209. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.025>

Pettersson, F., Högbom, L. (2004). Long-term growth effects following forest nitrogen fertilization in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(4), 339-347. <https://doi.org/10.1080/02827580410030136>

Rodriguez, D. R. O., Tomazello-Filho, M. (2019). Clues to wood quality and production from analyzing ring width and density variabilities of fertilized *Pinus taeda* trees. *New Forests*, 50(5), 41 821-843. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-09702-9>

Samuelson, L. J., Johnsen, K, Stokes, T. (2004). Production, allocation, and stemwood growth efficiency of *Pinus taeda* L. stands in response to 6 years of intensive management. *Forest Ecology and Management*, 192(1), 59-70. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.005>

Santos, J. Q. (2015). *Fertilização - Fundamentos Agroambientais da Utilização dos Adubos e Corretivos*. Publindustria, 556 p. ISBN: 9789897230851.

Smith, C. T., Lowe, A. T., Skinner, M. F., Beets, P. N., Schoenholtz, S. H., Shengzuo, F. (2000). Response of radiata pine forests to residue management and fertilisation across a fertility gradient in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3),203-223. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00397-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00397-2)

Soares, P., Calado, N., Carneiro, S. (2020). *Manual de Boas Práticas Para o Pinheiro-Bravo*. 32 p. ISBN: 978-972-98308-7-7. Disponível em: https://www.centropinus.org/files/upload/edicoes_tecnicas/silvicultura-centro-pinus-digital.pdf

Trichet, P., Bakker, M. R., Augusto, L., Alazard, P., Merzeau, D., Saur, E. (2009). Fifty years of fertilization experiments on *Pinus pinaster* in southwest France: the importance of phosphorus as a fertilizer. *Forest Science*, 55(5), 390-402. Disponível em: <https://academic.oup.com/forestscience/article/55/5/390/4604434>

Turner, J., Lambert, M., Edwards, D., W. (1979). *A Guide to Identifying Nutritional & Pathologic Disorders of Pinus radiata*. Research note no. 36, Forestry Commission of N.S.W., Sydney: 16 p. Disponível em: https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0010/389971/A-Guide-to-Identifying-Nutritional-and-Pathologic-Disorders-of-Pinus-Radiata.pdf

Turner, J., Marcia J. Lambert, F. R. Humphreys. (2002). Continuing growth response to phosphate fertilizers by a *Pinus radiata* plantation over fifty years. *Forest Science*, 48(3), 556-568. <https://doi.org/10.1093/forestscience/48.3.556>

Turner, J; Lambert, M. J. (2015). Long-term growth responses to phosphatic fertilisers in a *Pinus radiata* plantation. *Australian Forestry*, 78(4), 207-218. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2015.1071679>

Warren, C. R., McGrath, J. F., Adams, M. A. (2005). Differential effects of N, P and K on photosynthesis and partitioning of N in *Pinus pinaster* needles. *Annals of Forest Science*, 62(1), 1-8. <https://doi.org/10.1051/forest:2004088>, Disponível em: <https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2005/01/F5004.pdf>

Woollons, R. C., Whyte, A. G. D., & Mead, D. J. (1988). Long term growth responses in *Pinus radiata* fertiliser experiments. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 18(2), 199-209. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.704.794&rep=rep1&type=pdf>

Xavier, R, Pires, A. L. (2010). Efeito do controle do sob coberto e da fertilização no crescimento e concentração de nutrientes em pinheiro bravo (*Pinus pinaster* ait.) effect of controlling competing vegetation and fertilization on maritime pine (*Pinus pinaster* ait.) growth and nutrien. *Revista de Ciências Agrárias*, 33(1), 41-49. <https://doi.org/10.19084/rca.15761>

ANEXO 1

Link: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/cbbc4432a652e31f>

PNB-RPA	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	IDANHA-A-NOVA	Penha Garcia Touões U. freg. Monfortinho e Salvaterra do Extremo
	PENAMACOR	Penamacor

PNB-RPC	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	SINTRA	Algueirão-Mem Martins Colares U.freg. de Sintra (Sta Maria e S. Miguel, S. Martinho e S. Pedro de Penaferrim) U. freg. de São João das Lampas e Terrugem

PNB-RPB	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	MARVÃO	Santa Maria de Marvão Santo António das Areias São Salvador de Aramenha
	PORTALEGRE	Alegrete U. freg. Reguengo e São Julião

PNB-RPD	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	MOURA	U. Freg. de Safra e Stº Aleixo de Restauração

PNB-RPI	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	AMARANTE	Todas as freguesias
	AMARES	Todas as freguesias
	ARCOS DE VALDEVEZ	Todas freguesias exceto a freguesia de Gavieira
	AROUCA	Escariz Fermido Manzanas São Miguel do Mato Tropeço
	BAIÃO	Todas as freguesias
	BARCELOS	Todas freguesias exceto a freguesia de Barqueiros
	BRAGA	Todas as freguesias
	CABEZEIRAS DE BASTO	Todas as freguesias
	CAMINHA	Todas as freguesias
	CASTELO DE PAIVA	Todas as freguesias
	CELORICO DE BASTO	Todas as freguesias
	CINFÃES	Cinfães Espadanedo Fornelos Moimenta Nespereira Oliveira do Douro Santiago de Piães São Cristóvão de Nogueira Souzelo Tarouquela Travanca
	ESPINHO	União das freguesias de Anta e Guetim
	ESPOSENDE	Antas Forjães Gemizes União das freguesias de Belinho e Mar União das freguesias de Fonte Boa e Rio Tinto União das freguesias Palmeira de Faro e Curvos Vila Chã
	ESTARREJA	Avanca Pardilhó
	FAFE	Todas as freguesias
	FELGUEIRAS	Todas as freguesias
	GONDOMAR	Todas as freguesias
	GUIMARÃES	Todas as freguesias
	LOUSADA	Todas as freguesias
	MAIA	Todas as freguesias

MARCO DE CANAVESES	Todas as freguesias
MELGAÇO	Alvaredo Cousso Gave Paderne Penso São Paio União das freguesias de Chaviães e Paços União das freguesias de Parada do Monte e Cubalhão União das freguesias de Prado e Remoães União das freguesias de Vila e Roussas
MONÇÃO	Todas as freguesias
OLIVEIRA DE AZEMÉIS	Todas freguesias exceto a U.freg. Pinheiro da Bemposta, Travanca e Palmaz
OVAR	U. freg. Ovar, S. João, Arada e S. Vicente de Pereira Justã Válega
PAÇOS DE FERREIRA	Todas as freguesias
PAREDES	Todas as freguesias

PAREDES DE COURA	Todas as freguesias
PENAFIEL	Todas as freguesias
PÓVOA DE LANHOSO	Todas as freguesias
PÓVOA DE VARZIM	Todas freguesias exceto a freguesia de Estele
PONTE DA BARCA	Todas freguesias exceto a freguesia de Lindoso
PONTE DE LIMA	Todas as freguesias
RESENDE	Cárquere Resende São Cipriano São João de Fontoura União das freguesias de Anreade e S. Romão de Aregos União das freguesias de Feigueiras e Feirão União das freguesias de Freijil e Miomães
SÃO JOÃO DA MADEIRA	São João da Madeira
SANTA MARIA DA FEIRA	Todas as freguesias
SANTO TIRESO	Todas as freguesias
TERRAS DE BOURO	Todas freguesias exceto a freguesia de Campos do Gerês
TROFA	Todas as freguesias
VALENÇA	Todas as freguesias
VALONGO	Todas as freguesias
VIANA DO CASTELO	Todas as freguesias
VIEIRA DO MINHO	Todas as freguesias
VILA DO CONDE	Todas as freguesias
VILA NOVA DE CERVEIRA	Todas as freguesias
VILA NOVA DE FAMALICÃO	Todas as freguesias
VILA NOVA DE GAIA	Todas freguesias exceto as freguesias de Canidelo e União das freguesias de Santa Marinha e São Pedro da Afurada
VILA VERDE	Todas as freguesias
VIZELA	Todas as freguesias

PNB-RPII	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ALFÂNDEGA DA FÉ	Vilares de Vilarça
	ALIÓ	Todas as freguesias
	BOTICAS	Todas as freguesias
	BRAGANÇA	Espinhosela Gondesende Parômio União das freguesias de Castrelos e Carratedo Zoio
	CARRAZEDA DE ANSIÃES	Todas as freguesias
	CHAVES	Todas as freguesias
	MACEDO DE CAVALEIROS	Amendoeira Arcas Carrapatas Cortiços Corujas Ferreira Grijó Lamelonga

	<p>Meceiro de Cavaleiros Sezufe União das freguesias de Aís e Vilarinho do Monte União das freguesias de Bornes e Burga União das freguesias de Castelões e Vilar do Monte U. freg. de Espadanedo, Edroso, Murços e Soutelo Mourisco Vale Benfeito Vale de Prados Vilarinho de Agrochão</p>
MESÃO FRIO	<p>Mesão Frio (Santo André) Oliveira Vila Marim</p>
MIRANDELA	Todas as freguesias
MONDIM DE BASTO	Todas as freguesias
MURÇA	Todas as freguesias
PESO DA RÉGUA	Todas freguesias exceto a freguesia de Fontelas
RIBEIRA DE PENA	Todas as freguesias
SABROSA	Todas as freguesias
SANTA MARTA DE PENAGUIÃO	Todas as freguesias
TORRE DE MONCORVO	<p>Cabeça Boa Castedo Horta de Vilarça Lousa</p>
VALPAÇOS	Todas as freguesias
VILA FLOR	Todas as freguesias
VILA POUCA DE AGUIAR	Todas as freguesias
VILA REAL	Todas as freguesias
VINHAI	Todas as freguesias

PNB-RPIII	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ÁGUEDA	<p>U. freg. Belazaima do Chão, Castanheira do Vouga e Agadão União das freguesias do Prústimo e Macieira de Alcoba</p>
	AGUIAR DA BEIRA	Todas as freguesias
	ARMAMAR	<p>Armamar Cimbres Queimada Queimadais Santa Cruz São Cosmado São Martinho das Chãs União das freguesias de Anicera e Goujoim União das freguesias de São Romão e Santiago</p>
	AROUCA	<p>Alvarenga Chave Moides Rossas Santa Eulália União das freguesias de Arouca e Burgo União das freguesias de Cabreiros e Albergaria de Serra União das freguesias de Canelas e Espiunca União das freguesias de Covelo de Paivó e Janarde Urró Várzea</p>
	CASTRO DAIRE	Todas freguesias exceto a freguesia de Gozende
	FORNOS DE ALGODRES	Todas freguesias exceto as freguesias de Fornos de Algodres e União das freguesias de Juncalis, Vila Ruiva e Vila Soeiro do Chão
	LAMEGO	<p>Britande Ferreirim Figueira Lalim Lamego (Almacave e Sé) União das freguesias de Cepões, Meijinhos e Melções Vila Nova de Souto d'El-Rei Várzea de Abrunhais</p>
	MÊDA	Todas freguesias exceto as freguesias de Longroiva e Barreira
	MANGUALDE	Todas freguesias exceto a freguesia de Abrunhosa-a-Velha
	MOIMENTA DA BEIRA	Todas as freguesias
	NELAS	<p>Nelas Vilar Seco</p>

OLIVEIRA DE AZEMÉIS	Carregosa
OLIVEIRA DE FRADES	Todas as freguesias
PENALVA DO CASTELO	Todas as freguesias
PENEDONO	Todas as freguesias
SÃO JOÃO DA PESQUEIRA	Castanheiro do Sul Paredes da Beira Riódades União das freguesias de São João da Pesqueira e Várzea de Trevões União das freguesias de Trevões e Espinhosa União das freguesias de Vilarouco e Pereiros Valongo dos Azeites
SÃO PEDRO DO SUL	Todas as freguesias
SÁTÃO	Todas as freguesias
SERNANCELHE	Todas as freguesias
SEVER DO VOUGA	Todas as freguesias
TABUAÇO	Todas freguesias exceto as freguesias de Adorico e Valença do Douro
TAROUCA	Todas as freguesias
TONDELA	Campo de Besteiros Guardão Santiago de Besteiros União das freguesias de Barreiro de Besteiros e Toungo União das freguesias de Caparrosa e Silvares União das freguesias de São João do Monte e Mosteirinho União das freguesias de São Miguel do Outeiro e Sabugosa
TRANCOSO	Todas freguesias exceto a freguesia de Granja
VALE DE CAMBRA	Todas as freguesias
VILA NOVA DE FOZ COA	Cedovim
VILA NOVA DE PAIVA	Todas as freguesias
VISEU	Todas freguesias exceto a freguesia de Silgueiros
VOUZELA	Todas as freguesias

PNB-RPIV	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ALCOBAÇA	União das freguesias de Pataias e Martingança
	AVEIRO	São Jacinto
	CANTANHEDE	Tocha
	ESPINHO	Todas freguesias exceto a União das freguesias de Anta e Guetim
	FIGUEIRA DA FOZ	Todas freguesias exceto a freguesia de Maiorca, Moinhos da Gândara e Ferreira-a-Nova
	ÍLHAVO	Todas as freguesias
	LEIRIA	Coimbrão União das freguesias de Monte Real e Carvide
	MARINHA GRANDE	Todas as freguesias
	MIRA	Todas freguesias exceto a freguesia de Carapelhos
	MURTOSA	Torreira
	NAZARÉ	Nazare Vale do dos Frades
	OVAR	Todas freguesias exceto a freguesia de Valega
	POMBAL	Cariço
	VAGOS	União das freguesias de Guia, Ilha e Mata Mourisca Calvão Gafanha da Boa Hora Santo André de Vagos União das freguesias de Vagos e Santo António

PNB-RPV	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ÁGUEDA	Todas freguesias exceto a U. freg. do Préstimo e Macieira de Alcoba
	ALBERGARIA-A-VELHA	Todas as freguesias
	ALCOBAÇA	União das freguesias de Coz, Alpedriz e Montes
	ANADIA	Todas as freguesias
	ARGANIL	Arganil Celevisia Pombeiro da Beira Sertedo Secarias São Martinho da Cortiça União das freguesias de Côja e Barril de Alva União das freguesias de Vila Cova de Alva e Anzeriz
	AVEIRO	Todas freguesias exceto a freguesia de São Jacinto
	CANTANHEDE	Todas freguesias exceto a freguesia de Tocha
	CARREGAL DO SAL	Todas as freguesias
	COIMBRA	Todas as freguesias
	CONDEIXA-A-NOVA	Todas as freguesias
	ESTARREJA	Saizru União das freguesias de Beduido e Veiros União das freguesias de Canelas e Fernelã
	FIGUEIRA DA FOZ	Ferreira-a-Nova Maiorca Moinhos da Gândara Paão
	GÓIS	Vila Nova do Ceira
	LEIRIA	Todas freguesias exceto as freguesias de Coimbrão e União das freguesias de Monte Real e Carvide
	LOUSÃ	Serpins União das freguesias de Foz de Arouce e Casal de Ermio
	MEALHADA	Todas as freguesias
	MIRA	Carapelhos
	MIRANDA DO CORVO	Lamas Miranda do Corvo União das freguesias de Semide e Rio Vide
	MONTEMOR-O-VELHO	Todas as freguesias
	MORTÁGUA	Todas as freguesias
	MURTOSA	Bunheiro Monte Murtosa
	NELAS	Canas de Senhorim Lapa do Lobo União das freguesias de Carvalhal Redondo e Agueira União das freguesias de Santar e Moreira
	OLIVEIRA DO BAIRRO	Todas as freguesias

OLIVEIRA DO HOSPITAL	Avó Bobadela Lagares Louross Seixo da Beira Travanca de Lagos União das freguesias de Ervedal e Vila Franca da Beira União das freguesias de Santa Ovaia e Vila Pouca da Beira
PENACOVA	Todas as freguesias
PENELA	Fodentes
POMBAL	Todas as freguesias
SANTA COMBA DÃO	Todas as freguesias
SEIA	Travancinha
SEVER DO VOUGA	União das freguesias de Silva Escure e Dorneias
SOURE	Todas as freguesias
TÁBUA	Todas as freguesias
TONDELA	Casas de Santa Maria Castelões Dardavaz Ferreirós do Dão Lajeosa do Dão Lobão da Beira Molelos Parade de Gonta Tonda União das freguesias de Berreiro de Besteiros e Tourigo União das freguesias de Mouraz e Vila Nova da Rainha União das freguesias de São Miguel do Outeiro e Sabugosa União das freguesias de Tondela e Nandufe União das freguesias de Vilar de Besteiros e Mosteiro de Frégus
VAGOS	Calvão Ouca Sosa União das freguesias de Fonte de Angeão e Covão do Lobo União das freguesias de Ponte de Vagos e Santa Catarina
VILA NOVA DE POIARES	Todas as freguesias
UISEU	Silgueiros

PNB-RPVI	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ARGANIL	Benfeita Folques Piódão Pomares União das freguesias de Cepos e Teixeira União das freguesias de Cerdeira e Moura da Serra
	CASTANHEIRA DE PÉRA	União das freguesias de Castanheira de Pêra e Coentral
	CELORICO DA BEIRA	Carrapichana Casas do Soeiro Lajeosa do Mondego Ulisses Mesquitela Prados Retoeira U. das freguesias de Açores e Velosa U. das freguesias de Celorico (São Pedro e Santa Maria) e Vila Boa do Mondego U. das freguesias de Cortiço da Serra, Vide entre Vinhas e Salgueirais União das freguesias de Raps e Cadafaz Vale de Azeres
	COVILHÃ	Cortes do Meio Erada Orjais Sobral de São Miguel São Jorge da Beira Tortosendo Unhais da Serra União das freguesias de Cantar-Galo e Vila do Carvalho União das freguesias de Casegas e Durando

COVILHÃ	<p>União das freguesias de Covilhã e Canhoso</p> <p>União das freguesias de Teixoso e Sarzedo</p> <p>União das freguesias de Vale Formoso e Aldeia do Souto Verdelhos</p>
FIGUEIRÓ DOS VINHOS	Campeio
FORNOS DE ALGODRES	União das freguesias de Juncal, Vila Ruiva e Vila Soeiro do Chão
GÓIS	<p>Alvares</p> <p>Góis</p> <p>União das freguesias de Cadafaz e Colmeal</p>
GOUVEIA	<p>Folgosinho</p> <p>Gouveia</p> <p>Nespereira</p> <p>Faços de Serra</p> <p>São Paio</p> <p>União das freguesias de Aldeias e Mangusde da Serra</p> <p>União das freguesias de Figueiró da Serra e Freixo de Serra</p> <p>União das freguesias de Melo e Nabais</p> <p>União das freguesias de Moimenta da Serra e Vinhó</p> <p>União das freguesias de Rio Torto e Lagarinhos</p> <p>Vila Cortês de Serra</p>
GUARDA	<p>Aldeia do Bispo</p> <p>Aldeia Viposa</p> <p>Alvendre</p> <p>Benespera</p> <p>Cavadoude</p> <p>Fala</p> <p>Famalicão</p> <p>Fernão Joanes</p> <p>Gonçalo</p> <p>Guarda</p> <p>João Antão</p> <p>Maçanhas</p> <p>Meios</p> <p>Panoias de Cima</p> <p>Porto da Carne</p> <p>Rameia</p> <p>Santana de Azinha</p> <p>Sobral de Serra</p> <p>União de freguesias de Aveiãs de Ambom e Rocamondo</p> <p>União de freguesias de Corujeira e Trinta</p> <p>União de freguesias de Mizarela, Pêro Soares e Vila Soeiro</p> <p>Vale de Estrela</p> <p>Vaielhas</p> <p>Veja</p> <p>Videmonte</p> <p>Vila Cortês do Mondego</p>
LOUSÃ	<p>Gândaras</p> <p>União das freguesias de Lousã e Vilarinho</p>
MANTEIGAS	Todas as freguesias
MIRANDA DO CORVO	Vila Nova
OLIVEIRA DO HOSPITAL	<p>Aldeia das Dez</p> <p>Alvoco das Várzeas</p> <p>Meruge</p> <p>Nogueira do Cravo</p> <p>São Gião</p> <p>União das freguesias de Lagos de Beira e Lajeosa</p> <p>União das freguesias de Oliveira do Hospital e São Paio de Gramação</p> <p>União das freguesias de Penalva de Alva e São Sebastião da Feira</p>
PAMPILHOSA DA SERRA	<p>Cabril</p> <p>Fajão-Vidual</p> <p>Pampilhosa da Serra</p> <p>Pessegueiro</p> <p>Unhais-o-Velho</p>
PENELA	<p>Espinhel</p> <p>União das freguesias de São Miguel, Santa Eufémia e Rabaçal</p>
SEIA	<p>Alvoco da Serra</p> <p>Loriga</p> <p>Pinhanços</p> <p>Sabugueiro</p>

SEIA

Sandomil
Santa Comba
Santiago
Sazes da Beira
Teixeira
União das freguesias de Carragozela e Várzea de Meruge
União das freguesias de Sameice e Santa Eulália
União das freguesias de Santa Marinha e São Martinho
União das freguesias de Seia, São Romão e Lapa dos Dinheiros
União das freguesias de Torrozel e Folhadosa
União das freguesias de Tourais e Lajes
União das freguesias de Vide e Cabeça
Valezim
Vila Cova à Coelheira

PNB-RPVII	MUNICÍPIO	FREGUESIA
	ABRANTES	Carvalhal Martinchel Mouriscas Rio de Moinhos União das freguesias de Abrantes (S. Vicente e S. João) e Alferrarede União das freguesias de Aldeia do Mato e Souto
	ALVAIÁZERE	Pussos São Pedro
	CASTELO BRANCO	Almaceda Salgueiro do Campo Santo André das Tojeiras Sarzedas São Vicente da Beira Tinalhas União das freguesias de Freixial e Juncal do Campo União das freguesias de Ninho do Açor e Sobral do Campo
	COVILHÃ	Aldeia de São Francisco de Assis
	FERREIRA DO ZÊZERE	Águas Belas Beco Ferreira do Zêzere Nossa Senhora do Pranto
	FIGUEIRÓ DOS VINHOS	Arega União das freguesias de Figueiró dos Vinhos e Bairradas
	FUNDÃO	Barroca Bogas de Cima União das freguesias de Janeiro de Cima e Bogas de Baixo
	GAVIÃO	Belver
	MAÇÃO	Todas as freguesias
	OLEIROS	Todas as freguesias
	PAMPILHOSA DA SERRA	Dornelas do Zêzere Janeiro de Baixo Portela do Fojo-Machio
	PEDRÓGÃO GRANDE	Todas as freguesias
	PROENÇA-A-NOVA	Todas as freguesias
	SARDOAL	Todas as freguesias
	SERTÃ	Todas as freguesias
	VILA DE REI	Todas as freguesias
	VILA VELHA DE RÓDÃO	Fratel Sarnadas de Ródão Vila Velha de Ródão