

OUTUBRO 2021

Projeto iPlant:

“Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais” (2018-2021)

DELIVERABLE 3.1 - NOVO PROTOCOLO DE CLONAGEM INTENSIVA DE EUCALIPTO EM REGIME DE MÉDIA E MINI-ESTACARIA

INOVAR NO SISTEMA DE CLONAGEM DE EUCALIPTO



UNIVERSIDADE DE COIMBRA universidade de aveiro INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA



Co finanziado por



Índice

1. Introdução	2
2. Breve descrição dos viveiros clonais da The Navigator Company e da Altri em Portugal	3
2.1. Viveiros do Furadouro (VdF) da ALTRI	3
2.2. Viveiros Aliança (VA) da The Navigator Company.....	3
3. O Parque de Pés-Mãe (PPM)	4
3.1. O PPM nos Viveiros do Furadouro (VdF).....	4
3.2 O PPM nos Viveiros Aliança (VA).....	5
3.3. Produtividades do PPM.....	5
3.4. Clima no PPM	6
Sistemas de controlo de clima no PPM.....	7
Os sistemas de controlo de clima nos VA	8
Luminosidade artificial do PPM	8
Temperatura e Capacidade evaporativa do ar (ou Deficit de Pressão de Vapor).....	9
3.5. Tipo de substrato e gestão da rega.....	10
Substratos	10
Gestão da rega e lavagens	14
3.6 Nutrição do PPM	15
Solução nutritiva	15
Controlo de qualidade da nutrição	16
Leituras expeditas de estado nutricional.....	17
Controlo da qualidade da fertirregा	18
Controlo da salinidade	19
Controlo da sanidade	20
4. Colheita e preparação das estacas	21
4.1. Poda de formação	22
4.2 Tipo de estaca	23
4.3 Estacaria	23
Timing	23
Hormona de enraizamento	24
Sanidade dos equipamentos utilizados	24
5. Substrato de enraizamento e contentores	25
5.1 Substrato para estacaria	25
5.2. Tubetes.....	25
6. Enraizamento	27
6.1. Estrutura de enraizamento nos VdF.....	28
6.2. Estrutura de enraizamento nos VA	29
6.3. Clima no enraizamento	30
Déficit de Pressão de Vapor.....	30
Controlo da sanidade	32
Tratamentos sanitários alternativos.....	32
Promotores de crescimento.....	33
7. Rustificação	33
Gel hidroabsorvente para regulação hídrica.....	33
Reguladores de crescimento.....	34

1. Introdução

Com este relatório pretende-se sistematizar a informação relativa aos processos de clonagem intensiva de eucalipto em estufa, por via de estacaria (mini e/ou média), com destaque para novas soluções desenvolvidas no âmbito do projeto iPLANT.

Os processos de produção de estacaria de eucalipto seguem um encadeado de fases de produção, cada uma com processos e requisitos distintos, designadamente:

1. Área de produção de rebentos para estacas (ou Parque de Pés-Mãe)
2. Colheita e preparação das estacas
3. Plantação (substrato e tipo de tubetes)
4. Enraizamento e atempamento (estufa com ambiente controlado)
5. Rustificação (estufa e/ou exterior)

Iremos neste relatório detalhar os principais parâmetros e condições de produção de estacas de eucalipto, com particular destaque para as melhorias de processos que foram desenvolvidas no âmbito do iPLANT.



Figura 1. Parque de Pés-Mãe (PPM) dos Viveiros Aliança (VA, da The Navigator Company)

Os protocolos aqui detalhados aplicam-se às condições de produção existentes nos viveiros comerciais da The Navigator Company (Viveiros Aliança, VA) e da Altri (Viveiros do Furadouro, VF), atualmente os únicos viveiros de plantas florestais com capacidade e estruturas aptas a produzir estacaria de eucalipto em Portugal.

Uma vez que os dois viveiros apresentam diferenças de infraestruturas (viz estufas, sistemas de controlo ambiental) e localizações e consequentemente ambientes distintos, sempre que relevante foi feito um esforço em particularizar o protocolo de produção para cada um dos viveiros.

2. Breve descrição dos viveiros clonais da The Navigator Company e da Altri em Portugal

2.1. Viveiros do Furadouro (VdF) da ALTRI



Os Viveiros do Furadouro iniciaram a sua atividade em 1992 e pertencem ao grupo Altri. Estão localizados na zona litoral oeste de Portugal, em Olho Marinho, Óbidos, e localizados geograficamente a 39°20'21"N e 9°13'38"O, a uma altitude de 34 m (Figura 2). Este viveiro tem uma capacidade de produção de 7 milhões de plantas por via seminal e mais de 1 milhão de plantas por via clonal. As instalações incluem uma estufa de vidro simples tipo "Venlo" com 10.000 m², com uma altura à caleira de 5 m, e uma zona exterior de atempamento e endurecimento com área de 2 ha. O viveiro tem produção ao longo de todo o ano e todas as áreas estão equipadas com bancadas móveis.



Figura 2. Localização dos Viveiros do Furadouro (Altri).

2.2. Viveiros Aliança (VA) da The Navigator Company



A produção de plantas florestais e ornamentais da *The Navigator Company* é assegurada pelos Viveiros Aliança, S.A., uma empresa com mais de três décadas de atividade. Os Viveiros Aliança estão localizados na Herdade de Espirra (Pegões) (Figura 3) e ocupam uma área global de 20ha. Têm uma capacidade anual de produção de 12 milhões de plantas, dos quais 7 milhões são de clones de eucalipto, estes viveiros asseguram as necessidades das atividades de florestação da Companhia.



Figura 3. Localização dos Viveiros Aliança (The Navigator Company)

3. O Parque de Pés-Mãe (PPM)

O Parque de Pés-Mãe (PPM) é a área do viveiro destinada à produção de rebentos para clonagem¹. Os PPM são constituídos por mini-cepas, em geral estabelecidas em espaçamentos reduzidos, tipicamente entre 10 a 15cm entre si, num substrato que pode ser de diferentes tipos, embora mais frequentemente constituído por materiais inertes com boas características de arejamento e boa capacidade de retenção de água e de nutrientes. Há vários tipos de estruturas para os PPM, sendo as mais comuns as de canteiros de cimento ou metal, suspensos a uma altura que facilite a sua acessibilidade nos trabalhos de colheita de estacas e de manutenção (Figura 1).

Iremos a seguir detalhar as condições de referência quanto ao ambiente de produção, a solução nutritiva e regime de rega e os procedimentos de controlo de salinidade e de sanidade, nos dois viveiros operacionais das empresas (os Viveiros do Furadouro, da ALTRI e os Viveiros Aliança, da The Navigator Company) ambos participantes no consorcio iPLANT.

3.1. O PPM nos Viveiros do Furadouro (VdF)

O parque de pés-mãe (ou minijardim clonal) tem uma área total de 1200 m² e está instalado no interior de uma estufa composta por 3 naves de 8m de largura e comprimento de 51m e altura à caleira de 5 m. Tem uma capacidade para cerca de 150 mil pés-mãe em produção. A produção de rebentos no parque de pés-mãe nos VF é feita em bancadas móveis, existentes em todo o viveiro, adaptadas para suportarem o substrato de plantação e o sistema de rega. As bancadas têm uma dimensão de 3.66m x 1.65m, e suportam até 700 kg. Foi colocado no fundo das bancadas uma malha eletrosoldada e sobre esta foi instalada uma tela de polipropileno alveolar de 3mm de espessura, criando uma “caixa” para colocar o substrato de cultivo. Depois da plantação os pés mãe são conduzidos em sistema de cultivo sem solo (sistema “hidropônico”). Nos sistemas hidropônicos a aplicação de fertilizante é feita sistematicamente associada à rega através de uma solução nutritiva composta por todos os macros e micronutrientes, o mais próximo possível de uma concentração equilibrada para as suas necessidades. Nesta área de produção existem 150 bancadas de produção que estão divididas em 12 setores de rega. Em cada setor de rega existe em geral apenas um único clone, com a mesma idade de plantação. O compasso de plantação no minijardim é de 10x5 cm em quincônico, ou seja, cerca de 1.100 pés mãe por bancada.

¹ *clonal hedges* na literatura inglesa ou *minijardim clonal* na literatura brasileira

3.2 O PPM nos Viveiros Aliança (VA)

O parque de pés-mãe nos Viveiros Aliança tem uma área total de 1.116 m² e está instalado numa estufa única com aberturas zenitais e laterais. A estufa tem capacidade para instalação de 48.960 pés-mãe em produção. Os pés-mãe estão instalados em caixas com substratos distintos com 12 plantas por caixa (Figura 4). As caixas estão alinhadas sobre vigas de cimento perfazendo um total de 36 linhas. O uso de caixas permite testar diferentes substratos para o mesmo clone, evitar contaminações de natureza biótica como fungos, bactérias e rapidamente reorganizar/substituir clones.

Todas as caixas de substrato têm regagota-a-gota permitindo a correta emissão para cada planta. Na totalidade da área existem 3 sectores de rega que permitem a fertirrigação e irrigação no minijardim clonal. A solução nutritiva é composta por uma solução nutritiva ajustada às diferentes necessidades da produção e pelo controlo de análises foliares trimestrais.



Figura 4. Parque de pés-mãe dos Viveiros Aliança (VA, The Navigator Copany).

3.3. Produtividades do PPM

O principal objetivo do PPM é a maximização da produtividade, medida em termos de rebentos ou estacas de qualidade, colhidas por pé-mãe ou por m² de canteiro, por unidade de tempo. A produtividade depende do material genético, mas igualmente das condições ambientais ao longo do ano e do modo como os pés-mãe são cuidados. Considera-se que a melhoria da produtividade do parque de pés mãe é um dos pontos essenciais de melhoria no atual sistema de clonagem de *Eucalyptus globulus* e foi por isso um dos aspectos críticos a estudar e desenvolver no iPLANT (viz tarefa 3.1).

Nos dois viveiros comerciais estudados, o PPM está localizado no interior de estufas, dispondo de equipamentos e estruturas de controlo de temperatura, humidade e luz. Elas permitem a produção contínua de rebentos todo o ano, embora a uma taxa que varia ao longo do ano, devido a sazonalidade do clima. Estas variações ambientais estão especialmente as relacionadas com as temperaturas mínimas do ar no inverno e as temperaturas máximas no verão, a humidade do ar especialmente no verão e a variação do fotoperíodo e de intensidade de luz.

Valores típicos de produtividade nos atuais PPM dos **VdF** e **VA+RAIZ**, para um histórico de registo num vasto conjunto de clones, estão representados na Figura 2. Para as condições de luz ambiente e temperatura dos **VdF**, as produtividades variam entre 60 estacas/m²/mês no inverno até mais de 400/m²/mês, no verão. Nos **VA**, a produtividades variaram de mínimos de 100 estacas/m²/mês no inverno até mais de 400 estacas/m²/mês no verão (Figura 5).

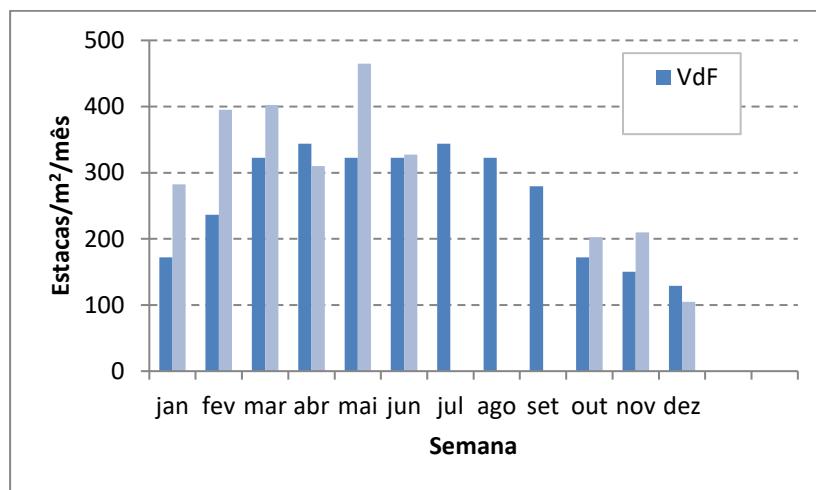


Figura 5. Produtividade típica (histórico de várias campanhas e clones) nos Parques de Pés-Mãe (em rebentos/m²/mês) dos VdF e VA.

3.4. Clima no PPM

O clima no PPM é um fator essencial para garantir uma elevada produtividade de estacas. É fundamental assegurar que o PPM dispõe de condições ideais de temperaturas para as plantas (embora igualmente relevante considerar aqui também o bem-estar dos operadores), de arejamento e de radiação solar que maximizem a fotossíntese e que assegurem os consumos de água e nutrientes ótimos para o crescimento. A Tabela 1 resume as principais variáveis ambientais a considerar e os valores de referência comumente aceites para a produção de miniestacas de eucalipto em PPM em Portugal.

Tabela 1. Variáveis ambientais mais importantes a ter em conta na gestão do Parque de Pés-Mãe (PPM) e correspondentes valores de referência.

Variáveis ambientais	Descrição	Valores de referência
Luminosidade alta	Sem necessidade de ensombramento	Intensidade de luz acima de 20,000 lux
Bom arejamento e baixa humidade do ar	Humidade do ar dentro da estufa reduzida. Sintoma de mau arejamento são os "enrolamentos" e "empolamentos" das folhas.	Taxa de renovações de ar por hora acima de 20 h ⁻¹

	Se necessário, forçar ventilação, com abertura de janelas de topo e laterais.	Humidade relativa a meio do dia idealmente entre 50 e 70% no verão e abaixo de 50% no inverno
Temperatura do ar na faixa ótima	Temperatura do ar entre 5 e 30 °C. Forçar ventilação para baixar a temperatura.	Gama ideal entre 20 e 25°C durante o dia e acima de 10 °C durante a noite.
Capacidade evaporativa do ar elevada	Valores de Deficit Pressão Vapor ou DPV muito altos (acima de 20 mB ou 2 kPa) levam a perdas rápidas de água na planta e risco de stress hídrico se faltar água de rega). Valores de DPV demasiado baixos causam a planta a fechar os estomas, afetando a produtividade.	Valores de DPV entre 10 e 20 mB (ou 1 a 2 kPa)

Sistemas de controlo de clima no PPM dos VdF

O PPM nos VdF está instalado numa área de estufa com controlo climático totalmente automatizado (Figura 6). Dispõe de diversos sistemas de controlo de ventilação, aquecimento, redes térmicas/sombra e de arrefecimento por painel evaporativo (cooling) que serão brevemente descritos. O sistema de ventilação natural é constituído por janelas descontínuas instaladas na cumeeira das estufas (janelas zenitais). Existe ainda uma janela lateral que tem como principal função a ação de um painel evaporativo para arrefecimento. A ventilação dinâmica é composta por 8 exaustores que permitem fazer cerca de 37 renovações de ar por hora. O sistema de arrefecimento evaporativo é composto pela atuação do sistema de renovação de ar dinâmico e a humidificação do painel evaporativo. Existem cerca de 81 m² de área de painel evaporativo. Por sua vez, para a época de inverno, o PPM dos VdF dispõe de um sistema de aquecimento composto por termoventiladores (permutoadores com ventilação) aquecidos a água, com projeção de ar quente. Este sistema é composto por dois equipamentos, os termoventiladores e válvula de 3 vias para controlo de temperatura da água, que trabalham sincronizados de forma a serem atingidos os objetivos. Estes sistemas de aquecimento têm como objetivo manter a temperatura acima de 14°C. Finalmente, a radiação nos VdF pode ser controlada por uma rede aluminizada, com uma percentagem de sombreamento de 60 % (com passagem de 40% de luz direta e 55% de luz difusa) o que permite controlar no verão valores de 400 W.m⁻² a meio do dia (ou para a luz solar, uma intensidade de radiação superior a 40,000 luxes).



Figura 6. Bancadas com pés-mãe (minitouças) para obtenção de miniestacas de *Eucalyptus globulus*, nos Viveiros do Furadouro (VdF).

Os sistemas de controlo de clima nos VA

Atualmente a rega, pantalha e sistema de abertura zenital e lateral das estufa do minijardim clonal e de enraizamento são controladas automaticamente, estando dependente dos valores de temperatura, humidade, DPV e PAR.

A ventilação é efetuada por janelas zenitais, laterais e por um ventilador lateral igualmente automatizado. As janelas zenitais são condicionadas por variáveis de vento e precipitação e, consoante o lado da estufa, realizam a abertura entre os 20-22 °C. As janelas laterais estão programadas para abertura entre os 18-22 °C. O ventilador está ligado a uma tubagem de spiro que acompanha longitudinalmente a estufa, funcionando igualmente como arrefecimento e aquecimento consoante as condições necessárias. A ventilação está programada para iniciar entre 22-24 °C. O aquecimento está programado para funcionar aos 16°C.

A radiação, e em alguns momentos a temperatura, são controladas por uma pantalha “Aluminet” com programação que ativa o estender da pantalha para valores superiores a 300-400 W.m-2 e o recolher entre os 350-150 W.m-2.

Luminosidade artificial do PPM

Para otimizar a produção de rebentos ao longo do ano nos PPM, o projeto iPLANT avaliou o impacto da exposição de pés-mãe a luz artificial, utilizando diferentes espectros de luz e alargando o fotoperíodo durante o inverno. Para isso selecionaram-se quatro tipos de espectros: um semelhante à radiação solar (NS12) e os restantes com maior incidência no vermelho e vermelho-longínquo (G2, AP67 e AP673L). Estabeleceu-se um fotoperíodo de 16h (das 5 às 21h) nos tratamentos com luz suplementar, para além de um tratamento de controlo sem luz adicional (Figura 7).



Figura 7. Aspetto geral do PPM dos VdF sob iluminação suplementar, utilizando diferentes espectros de luz e alargando o fotoperíodo para 16 horas, durante o inverno

A iluminação suplementar com luzes LED testada nos **VdF** e a nível experimental, nos viveiros de investigação do RAIZ, resultaram num aumento significativo da produtividade anual dos PPM. Na campanha de 2020, após um ano, destacam-se as luzes AP67 e NS12, com aumentos de até +50% no nº de rebentos produzidos/m² em relação ao controlo. Em termos médios anuais, a instalação de sistemas de iluminação artificial melhorou em cerca de 25% a produtividade do PPM, nas condições de produção dos VdF. A iluminação artificial do PPM constitui por isso um importante fator de melhoria de rendimento.

Mais informações podem ser consultadas nos resultados dos ensaios iPLANT, nas Atividades 3 e 4, nomeadamente nos Deliverable 3.2 - Efeito de luzes artificiais na produção de planta clonal de eucalipto, e em Deliverable 4.1. Avaliação dos resultados do novo sistema de média/miniestacaria em escala piloto.

Temperatura e Capacidade evaporativa do ar (ou Deficit de Pressão de Vapor)

O Déficit de Pressão de Vapor (DPV) mede a diferença ou déficit entre a quantidade de humidade no ar num determinado momento e a humidade que esse ar poderia reter se estivesse totalmente saturado. O DPV é um bom indicador da capacidade evaporativa do ar e do potencial de transpiração das folhas (se os valores de DPV forem demasiado altos) ou da formação de orvalho ou condensação (se forem demasiado baixos). Para controlar o DPV é necessário que na área de PPM existam dispositivos de monitorização e de controlo da temperatura e da humidade do ar.

Nos PPM, o objetivo é assegurar um DPV suficientemente alto, pelo menos acima de 3 mB, de modo a assegurar que as plantas têm boas condições para a realização de trocas gasosas e fotossíntese. Em todo o caso, a produtividade está não só dependente da capacidade evaporativa do ar, mas também da temperatura ótima da espécie, que no caso do eucalipto ronda os 20-25°C), e evidentemente da luminosidade.

Valores de DPV muito altos (acima de 15 mbar) que podem ocorrer em condições de elevada temperatura e baixa humidade atmosférica, levam a risco de perdas de água por transpiração excessivas, que ou

conduzem a um fechamento dos estomas (e consequentemente interrupção da fotossíntese e do crescimento) ou a súbitas quebras de potencial hídrico e cavitação dos vasos nas plantas, com risco de morte por desidratação.

A relação entre o DPV e os valores de temperatura e humidade está ilustrada na Figura 8. Esta relação ajuda a definir as melhores combinações de temperatura e humidade a manter no PPM (região a verde), que deverão ser geridas, com a possibilidade de aquecimento (no inverno) e ao revés, de arrefecimento e aumento de humidade, no verão.

Temp	Humidade							
	100	90	80	70	60	50	40	30
10	0,00	1,23	2,46	3,68	4,91	6,14	7,37	8,60
12	0,00	1,40	2,81	4,21	5,61	7,01	8,42	9,82
14	0,00	1,60	3,20	4,80	6,39	7,99	9,59	11,19
16	0,00	1,82	3,64	5,45	7,27	9,09	10,91	12,73
18	0,00	2,06	4,13	6,19	8,26	10,32	12,38	14,45
20	0,00	2,34	4,68	7,01	9,35	11,69	14,03	16,37
22	0,00	2,64	5,29	7,93	10,58	13,22	15,86	18,51
24	0,00	2,98	5,97	8,95	11,94	14,92	17,90	20,89
26	0,00	3,36	6,72	10,08	13,45	16,81	20,17	23,53
28	0,00	3,78	7,56	11,34	15,12	18,90	22,68	26,46
30	0,00	4,24	8,49	12,73	16,97	21,22	25,46	29,70
32	0,00	4,75	9,51	14,26	19,02	23,77	28,53	33,28
34	0,00	5,32	10,64	15,96	21,28	26,60	31,92	37,23
36	0,00	5,94	11,88	17,82	23,76	29,70	35,65	41,59
38	0,00	6,62	13,25	19,87	26,50	33,12	39,75	46,37
40	0,00	7,38	14,75	22,13	29,50	36,88	44,25	51,63

Figura 8. Valores de Deficit de Pressão de Vapor (em milibares) em função da temperatura do ar (em °C) e da humidade relativa do ar (em %). DPV deve situar-se entre 4 e 10mB

Nos dias mais quentes de verão, é relativamente fácil assegurar temperaturas no PPM dentro da faixa ótima para o eucalipto (20 a 25°C), porém é igualmente importante manter o DPV abaixo de 10 a 15 milibares. Isso implica um esforço de arrefecimento do ar que pode ser significativo em muitos dos dias de Verão, especialmente se a humidade do ar for baixa. No inverno, quando ocorrem naturalmente altas humidades, deve-se evitar que valores de DPV baixem excessivamente, sendo nesse caso benéfico fechar a estufa e manter a temperatura em valores perto dos 20°C.

3.5. Tipo de substrato e gestão da rega

Substratos

Assegurar que as raízes têm acesso a água e ao mesmo tempo o substrato disponha de bom arejamento são duas características importantes, mas difíceis de conciliar. A escolha do substrato é, neste aspecto, um fator essencial. O iPLANT dedicou considerável esforço em caracterizar e testar vários substratos de modo a identificar os melhores para PPM de eucalipto, nas condições dos dois viveiros das empresas (Figura 9 ilustra os vários substratos testados nos VdF e VA).



Figura 9. Diferentes substratos existentes em PPM: a-Perlite; b-Turfa+Perlite; c-Turfa+Areia; d-Areia; e- Zeolite; f-Areia Raíz.

Como diferentes substratos apresentam diferentes capacidades de retenção de água e graus de porosidade, resulta que se deverá adotar distintos regimes de dotações de rega, de modo a evitar excessos (causando encharcamento e ocorrência de infestantes e limos), carências (causando perda de crescimento e eventualmente morte por secura) e dispondo de condições de drenagem adequadas para a realização de lavagens e dessalinização.

De um modo geral, considera-se que o substrato adequado para PPM de eucalipto deverá ter textura *grosseira a média*, composto por uns 20 a 25 % de volume ocupado por fração fina (partículas menores que 1mm) e o restante volume repartido entre uma fração média (partículas 1-4 mm) e grosseira (partículas>4 mm). Substratos com texturas demasiado grosseiras apresentam elevada porosidade, o que é uma boa característica, mas uma muito baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, o que obriga a uma gestão mais intensiva de regas e fertilizações.

Com exceção da *perlite* e do *zeólito*, os substratos estudados apresentam uma granulometria mais fina do que o desejável, com excessiva percentagem de partículas de dimensão inferior a 1 mm (Figura 10). A situação é particularmente critica na *turfa+areia* e *areia* com mais de 60 % de partículas de dimensão inferior a 0,5 mm. A título de referência, na Figura 10 é também apresentado o perfil granulométrico de dois substratos (Referências 1 e 2) considerados adequados em viveiros similares no Brasil. Substratos com grande percentagem de partículas finas podem apresentar problemas de arejamento e reter grandes quantidades de água mesmo a tensões elevadas, o que leva a situações de excesso de água no solo e difícil drenagem, com impacto negativo no normal desenvolvimento e funcionamento das raízes.

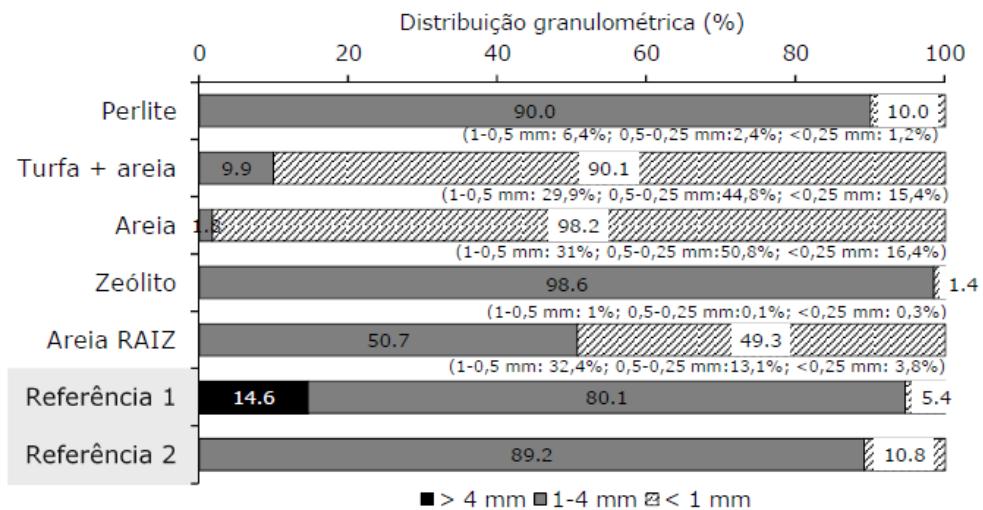


Figura 10. Caracterização granulométrica dos diferentes substratos testados no âmbito do iPLANT.

A porosidade e a densidade são também fortemente influenciadas pela granulometria do substrato que por sua vez influencia a capacidade de retenção e a facilidade de drenagem. Quanto mais grosso for o substrato, menor a sua capacidade de retenção de água e consequentemente, melhor a drenagem e arejamento. Um bom substrato para PPM deve ter uma porosidade total superior a 85 % à semelhança dos demais substratos utilizados na produção de plantas em viveiro.

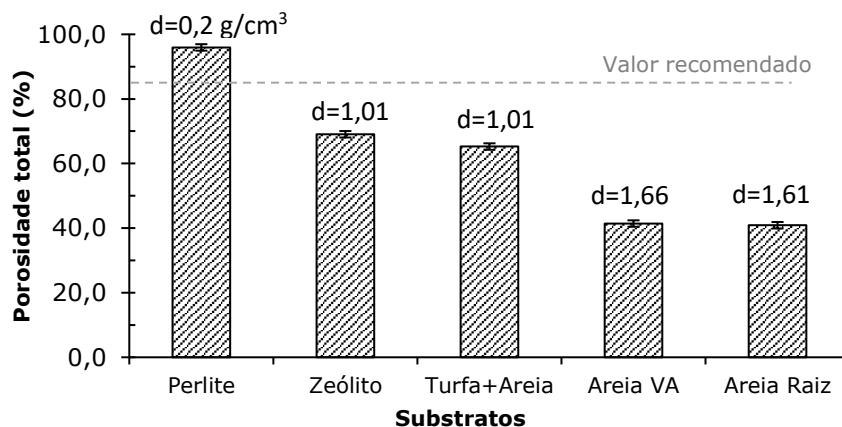


Figura 11. Porosidade total e densidade aparente dos substratos avaliados no âmbito do iPLANT.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da determinação da capacidade máxima de retenção de água nos diferentes substratos estudados no âmbito do iPLANT. Considerando como valores de referência, uma a capacidade máxima de retenção entre 20 e 30 $\text{mL}/50 \text{ cm}^3$, podemos concluir que dos seis substratos analisados, as misturas com turfa (*turfa+perlite* e *turfa+areia*) apresentam uma capacidade máxima de retenção em água acima do adequado o que indica má drenagem e consequentemente um arejamento deficiente. Por outras palavras, estes substratos, se a rega for demasiado frequente, ficarão permanentemente com excesso de água. Porém, se houver um período prolongado de redução de rega, estes substratos dispõem de maiores reservas de água disponíveis para as plantas.

Tabela 2. Capacidade máxima de retenção dos substratos analisados no âmbito do iPLANT.

Substrato	Peso de 50 cm ³ de substrato (g)	Capacidade máx. retenção de água (mL/50 cm ³)
Perlite	13	13
Turfa+Perlite	9	37
Turfa+Areia	51	33
Areia VA	84	25
Zeólite	45	25
Areia RAIZ	81	22

A densidade aparente, que é uma medida da porosidade do meio, variou entre 0,2 g/cm³ (perlite) e 1,66 g/cm³ (na areia fina utilizada nos VA), sendo que o intervalo de valor considerado adequado se situa entre 0,45 e 0,55 g/cm³.

Dos seis substratos analisados, as misturas com turfa (turfa+perlite e turfa+areia) apresentam, portanto, uma capacidade excessiva de retenção em água, superior ao adequado. Isto indica uma má drenagem e consequentemente um deficiente arejamento. Nestes substratos, se a rega for demasiado frequente ou intensa, ficarão permanentemente em excesso de água. Porém, se por outro lado, houver um período de escassez de rega, estes substratos dispõem de maiores reservas de água disponíveis e o PPM terá por isso maior resiliência em períodos longos sem rega. Por sua vez, os substratos de perlite e zeólite, que têm boas características de textura, apresenta valores excessivos de porosidade. São por isso substratos que irão obrigar a frequentes regas e que rapidamente poderão perder capacidade de fornecer água às raízes do PPM. Em contrapartida, serão facilmente lavados para controlar eventuais problemas de salinidade. Em termos de referência, a capacidade máxima de retenção deverá rondar os 20-30 mL/50 cm³. Um resumo das propriedades físicas (relacionadas com a retenção em água e arejamento) e químicas (relacionadas com a nutrição vegetal), dos vários substratos presentes nos VA e VdF estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3. Qualidade dos substratos utilizados nos PPM dos VdF e VA, relativamente às suas diferentes características físicas (densidade aparente, porosidade, retenção de água, pH e CE, e respetivos intervalos de referência

Características	Referência	Qualidade do Substratos			
		Perlite	Turfa e Areia	Areia	Zeólito
Densidade aparente	0,45-0,55g/cm ³	Adeq.	Elev.	Elev.	Elev.
Porosidade total	> 50%	Elev.	Adeq.	Adeq.	Adeq.
Cap. retenção água	~25% (25 mL / 100 cm ³)	Baixo	Elev.	Adeq.	Baixo
Arejamento (a pH1)	25%	Elev.	Baixo	Adeq.	Elev.
pH	5,2-6,5	Adeq.	Adeq.	Adeq.	Adeq.
CE	<2ds/m	Adeq.	Adeq.	Adeq.	Adeq.

Mais informações podem ser consultadas nos resultados dos ensaios iPLANT, nas Atividades 3 e 4, nomeadamente nos Deliverable 3.3 - Efeito de diferentes substratos na produção de planta clonal de

eucalipto, em Deliverable 4.1. - Avaliação dos resultados do novo sistema de média/miniestacaria em escala piloto.

Gestão da rega e lavagens

Como vimos, as diferentes propriedades e características de cada substrato irá por sua vez implicar diferentes estratégias de gestão da rega. A Tabela 4 apresenta um resumo das implicações de gestão de rega, para os diferentes substratos estudados no âmbito do iPLANT e utilizados nos dois viveiros.

Tabela 4. Principais características físicas e implicações na gestão da rega e lavagem, para os diferentes substratos utilizados no PPM dos Viveiros Aliança (Perlite, Zeólito, Areia+Turfa e Areia) e dos Viveiros do Furadouro (Perlite e Zeolite)

	Perlite	Zeólito	Areia	Turfa e areia
Capacidade de retenção (% do volume com água facilmente disponível)	6%	3%	19%	22%
Arejamento (% do volume com ar, depois de drenado)	66%	48%	19%	10%
Facilidade de drenagem	Alta	Alta	Média	Baixa
Características gerais	Elevado arejamento mas baixa capacidade de retenção de água. Monitorização regular da planta relevante uma vez que lavagem e lixiviação das caixas pode não ser eficiente	Porosidade e arejamento mais baixos, retém mais água do que a perlite e o zeólito e demora mais a drenar	Baixo arejamento e menor facilidade de drenagem, atingindo-se a saturação com facilidade	
Gestão da rega e lavagem	Regas com maior frequência ao longo do dia e lavagens com água 1 a 2 dias por semana	Regas pouco frequentes. A dessalinização pode ser mais difícil devido a menor drenagem.	Regas ainda menos frequentes. Importante limitar o volume de água e a frequência de rega de modo a evitar excesso de água. Dada a dificuldade de lavagem, é importante o controlo regular da salinidade com aplicação de pequenos volumes de rega (e.g. até 150 mL/planta)	

A quantidade e frequência de rega têm, portanto, de ser ajustados ao tipo de substrato utilizado. O critério é poder garantir o fácil acesso das raízes à água e ao mesmo tempo manter um bom arejamento do substrato. As necessidades de rega diárias dependem ainda dos valores diários de evapotranspiração das plantas nas bancadas do PPM, que por sua vez varia em função da área foliar, temperatura e humidade do ar e da intensidade e fotoperíodo da luz. Em condições normais de funcionamento, o PPM deverá consumir entre 2 mm/dia (inverno) e 8 mm/dia (verão). Considerando os valores de porosidade e de água retida nos principais substratos usados pelos viveiros, a quantidade de água de rega/fertilregga e frequência deverá ser cuidadosamente acompanhada. Apresentam-se na Tabela 5 alguns valores de referência sobre quantidades de água retidas e dotação de referência para as regas de inverno e verão.

Tabela 5. Valores de referência sobre quantidades de água retidas e dotação de referência para as regas de inverno e verão.

	Perlite	Zeólico	Turfa e Areia	Areia
Porosidade	95%	70%	65%	40%
Água facilmente disponível (%)	5%	2,0%	15%	18%
(litros/cx)	0,8	0,32	2,4	2,9
Água dificilmente disponível (litros/cx)	4,0	2,9	5,3	0,6
Intervalo de dias sem precisar de regar (inverno)	2	1	6	7
(verão)	0,5	0,25	1,5	2

No PPM dos **VdF**, o substrato utilizado foi, durante muitos anos, a *perlite*. Atualmente as bancadas são cheias com um substrato misto de 50% *perlite* e 50% *zeolite* em que a *zeolite* é colocada na base e a *perlite* no topo.

No âmbito do iPLANT, estudaram-se em maior detalhe cinco tipos de substratos de PPM (perlite, perlite fina, zeolite, fibra de coco e areia), tendo o controlo de nutrição e rega sido feito de acordo com o procedimento standard para o substrato de *perlite*.

Decorridos nove meses, a perlite é o substrato com maior número de rebentos colhidos, enquanto no coco+areia se registou a pior produtividade. Os resultados evidenciaram graus de hidratação muito distintos, pelo que reforçam a importância de um melhor controlo do regime de fornecimento de água e nutrientes em função do tipo de substrato. Os resultados preliminares validam a opção de substrato misto de perlite e zeolite utilizado nos Viveiros do Furadouro.

[Mais informações podem ser consultadas no Deliverable 4.1. Avaliação dos resultados do novo sistema de média/miniestacaria em escala piloto](#)

No PPM dos **VA** existem igualmente vários substratos em utilização, dependendo dos sectores. Incluem sobretudo *areia*, um mix de *turfa* e *areia*, *perlite* e *zeolite*. As diferenças de comportamento relativamente à retenção para a água e porosidade obrigam a uma cuidadosa gestão do regime de rega, especialmente nos períodos de menor evapotranspiração, onde alguns dos substratos têm tendência para acumular um excesso de água. Nas condições e regime de rega adotados nos VA, os substratos compostos por *turfa+perlite* e *zeolite* foram os que apresentaram taxas de enraizamento superiores, porém na *zeolite* a emissão de novos rebentos após corte é mais lenta sugerindo a necessidade de adubação diferenciada.

[Mais informações podem ser consultadas no Deliverable 4.1. Avaliação dos resultados do novo sistema de média/miniestacaria em escala piloto.](#)

3.6 Nutrição do PPM

Solução nutritiva

Uma correta adubação é fundamental para assegurar a mais elevada produtividade possível no PPM. A nutrição (em alguns nutrientes em particular) tem igualmente um efeito importante na qualidade das estacas e no seu sucesso de enraizamento. Para servir estes dois objetivos (quantidade de rebentos e boa capacidade de enraizamento das estacas colhidas), a gama de concentrações de nutrientes da cultura hidropónica de eucalipto está relativamente consolidada na literatura. Nos últimos anos estas

concentrações têm vindo a ser cuidadosamente revistos e ajustados para as condições de cada um dos viveiros, e nalguns casos aferidas para os diferentes clones e distintas épocas do ano. O assunto foi igualmente acompanhado nalguns estudos no âmbito do Projeto iPLANT. Os valores de referência reportados na literatura e os utilizados como solução base nos viveiros das empresas estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6. Concentração de macro- e micro-nutrientes na solução de fertirregação aplicada aos PPM nos viveiros do Furadouro e Viveiros Aliança (em mg/L = ppm).

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
Viveiros Aliança	175	30	150	148	40	2, 4	0,3	0,08	0,4	1	0,04
Viveiros do Furadouro	125	51	150	188	43	3, 2	0,65	0,09	0,67	1	0,08
Faixas de referência	100- 200	15- 30	100- 200	100- 200	25- 50	3- 7	0,3- 0,6	0,03- 0,06	0,05- 0,1	0,3- 0,8	0,01- 0,02

Controlo de qualidade da nutrição

A avaliação do estado nutricional das plantas do PPM pode ser feita mediante observação do estado geral das plantas. Este diagnóstico qualitativo pode ser apoiado por meios auxiliares mais precisos e quantitativos, como a análise química foliar. Por sua vez, existindo valores de referência para os conteúdos nutricionais de um pé-mãe com nutrição adequada, será possível identificar perante uma determinada análise foliar se a planta está bem nutrida ou qual ou quais os nutrientes limitantes. Para isso deve-se proceder à recolha de folhas e envio para análise em laboratório acreditado. Os resultados analíticos foram comparados com a faixa de referência para o adequado desenvolvimento dos pés-mãe. Com esta informação será possível promover melhorias a nível da composição da solução de fertirrigação. No âmbito do iPlant, foi possível, estabelecer uma faixa de referência indicativa para mini pés-mãe de *E. globulus* (Tabela 7).

Tabela 7. Faixas de referência para concentração de macro e mini-nutrientes em folhas de eucalipto em jardins clonais para três referências e as estabelecidas no âmbito do iPlant.

Nutriente	Faixas de concentração foliar parque pés-mãe			Faixa estabelecida no âmbito do iPlant
	Fabres et al., 2005	Higashi et al., 2000	RR, 2017	
N (%)	1,8 – 2,2	2,8 - 4,0	2,9 - 3,5	2,0 - 3,0
P (%)	0,15 – 0,25	0,25 – 0,40	0,18 - 0,35	0,20 – 0,35
K (%)	0,8 – 1,2	1,5 – 3,0	1,7 - 3,0	1,2 – 2,5
Ca (%)	0,4 – 1,0	0,5 – 0,7	0,7 - 1,5	0,7 – 1,2
Mg (%)	0,10 – 0,25	0,2 – 0,3	0,2 - 0,4	0,2 – 0,4
B (mg/kg)	20 - 40	35 – 70	35 - 80	20 – 70
Cu (mg/kg)	3 - 10	8 – 15	5 -15	5 - 15

Zn (mg/kg)	15 - 25	30 - 60	25 - 40	20 - 35
Fe (mg/kg)	20 - 50	101 - 220	65 - 200	65 - 200
Mn (mg/kg)	40 - 200	250 - 500	200 - 500	150 - 500
Material genético	Pés-mãe macroestacaria <i>globulus</i>	Outras espécies de <i>E. Eucalyptus</i> , mini/micro jardim clonal	Outras espécies de <i>Eucalyptus</i> , mini jardim clonal	Pés-mãe miniestacaria <i>E. globulus</i>

Mais informações podem ser consultadas nos Deliverable 3.4 - Monitorização nutricional do minijardim clonal do RAIZ, e Deliverable 4.2 - Estado nutricional do minijardim clonal dos VA, decorrentes das Atividades nas Atividades 3 e 4.

Leituras expeditas de estado nutricional

No âmbito do iPLANT, procedeu-se ainda ao desenvolvimento de procedimentos expeditos de avaliação nutricional dos pés-mãe, designadamente da leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development). Esta leitura é essencialmente uma medida da intensidade da cor verde das folhas, o que em muitas espécies está bem correlacionada com a quantidade de azoto presente, sendo este em geral um bom indicador indireto de estado nutricional. Embora com algumas limitações, tem sido demonstrado que o medidor portátil de clorofila apresenta resultados interessantes em *Eucalyptus globulus*, com uma relação muito significativa entre o teor foliar de N e as leituras SPAD. No âmbito do iPLANT, foram feitos alguns testes em estacas nos Viveiros do RAIZ e VdF (Figura 12).

Ensaio NPen

Objetivos

- Averiguar e determinar a relação entre a medição expedita de clorofila e o status nutricional de pés-mãe de *E. globulus* (es., concentração de N fóliar);
- Avaliar a relação entre leitura de clorofila, produtividade dos pés-mãe e taxa de enraizamento por estaca.





aproximadamente 10 cm de altura



aproximadamente 10 cm de altura



Class 1
N00 (0,0-1,0)



Class 2
N00 (1,0-4,0)



Class 3
N00 (4,0-30,0)



Class 4
N00 (30,0-50,0)



Class 5
N00 (50,0-70,0)



Class 6
N00 (70,0-90,0)



Class 7
N00 (90,0-100,0)

- Método não destrutivo e expedito mas que carece de uma calibração rigorosa e só é válido nessas condições
- N PEN N 100/USB da Photon Systems Instruments, Ltd. - PVP 1499€ + IVA



Figura 12. Resumo do teste com L-PEN onde se avaliou a correlação entre a leitura do aparelho e os teores de azoto das folhas.

Os resultados encontrados foram muito promissores, com uma correlação entre a leitura N-PEN e o teor de azoto de 86% (Figura 13), tendo sido possível definir um intervalo teórico e preliminar de valores NDGI correspondentes a uma nutrição adequada.

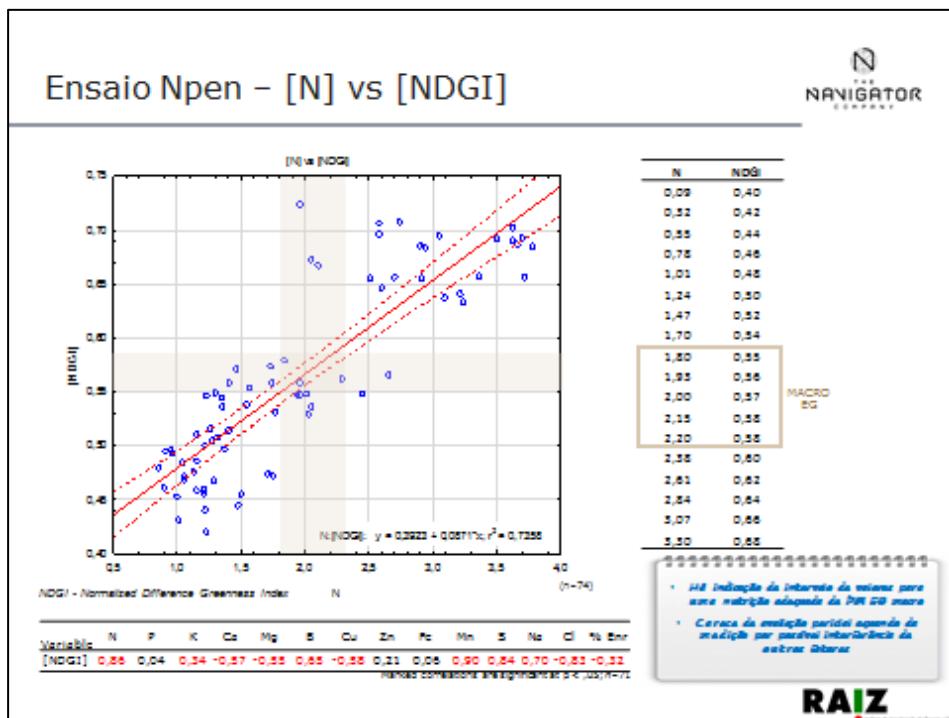


Figura 13. Correlação entre os teores foliares de azoto (quantificados por análise nutricional) e as medições NDGI do N-PEN.

A utilização do aparelho portátil N-PEN N100 poderá por isso ser utilizado como base de monitorização do teor em azoto foliar dos pés-mãe de *Eucalyptus globulus* de forma mais expedita e económica.

Um relatório detalhado com os resultados medições nos Viveiros do Furadouro podem ser consultados no Deliverable 3.6 - Aplicabilidade do equipamento N-PEN para monitorização do teor de azoto foliar em pés-mãe de *Eucalyptus globulus*: fatores de variação.

Controlo da qualidade da fertirrega

Para uma correta gestão de rega e fertirrega a aplicar nos PPM, é importante proceder a um acompanhamento regular do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução, antes de ser administrada, na solução do substrato e no drenado. Esta monitorização é fundamental para evitar eventuais problemas de deficiências nutricionais nas plantas ou, pelo contrário, de acumulação de sais no substrato, com nefastas consequências por efeito da salinidade.

Valores de referência para condutividade elétrica para a solução nutritiva estão resumidos na Tabela 8. A CE deve situar-se entre 1,5 e 2,0 mS/cm e a acidez entre pH 5,8 e 6,0. Valores acima ou abaixo destes intervalos significam que algo de errado se está a passar na preparação da solução e impõem uma suspensão imediata da fertirrega. No caso da qualidade da água que se utiliza na rega, os valores de referência para estão resumidos na Tabela 6. Se o pH da água de rega estiver acima de 6,4 é recomendada

a acidificação com HNO_3 na água de rega de modo a que a solução de fertirrega a aplicar esteja ajustada com um pH entre 5,8 e 6,0.

Tabela 8. Resumo dos principais parâmetros de qualidade a acompanhar e a respetiva periodicidade recomendada.

Material	Parâmetro(s) a avaliar	Periodicidade
Solução nutritiva	Condutividade elétrica pH	2 a 3 vezes por semana
Substrato	Condutividade elétrica pH	No início, quinzenalmente, depois mensal
Drenado	Volume Condutividade elétrica pH	Semanalmente
Folhas do rebento	Parâmetros químicos	Mensalmente

Controlo da salinidade

Em regimes de fertirrigação intensiva, com elevada evapotranspiração e ausência de água de chuva, é comum ocorrerem problemas de salinidade nos PPM. Para o evitar é fundamental efetuar a monitorização periódica da condutividade e acidez. Nos VA, os valores de referência de pH no substrato situam-se entre 5,5 e 6,4 e os de condutividade (CE), nos vários pontos de monitorização, deverão situar-se sempre abaixo de 2,2 mS/cm. A Tabela 9 resume estes parâmetros.

Tabela 9. Valores críticos e faixa adequada para a Condutividade Elétrica (CE, em mS/cm) utilizados nos viveiros Aliança.

CE (mS/cm)		
	Valor crítico	Faixa adequada
Junto às raízes	2,5	1,5-1,8
No drenado	3,0	1,8-2,2
Na solução nutritiva	2,5	1,5-2,0
No substrato (0-2cm)	2,0	0,3-1,0

No caso dos VdF, é feita uma avaliação diária do consumo de água pelas plantas em função da dotação de rega versus volume de drenado observado, o qual se procura que fique nos 20%, bem como de uma monitorização regular dos parâmetros químicos no substrato e drenado. Os valores de referência para os VdF estão resumidos na Tabela 10.

Tabela 10. Valores críticos e faixa adequada para a Condutividade Elétrica (CE, em mS/cm) utilizados nos Viveiros do Furadouro.

CE (mS/cm)		
	Valor crítico	Faixa adequada
Junto às raízes	2,0	1,2-2,0
No drenado	3,3	2,6-3,3
Na solução nutritiva	2,5	1,5-2,0
No substrato (0-2cm)	2,0	1,2-2,0

A diferença entre níveis críticos entre os dois Viveiros, em geral mais conservadora nos VA, resulta da existência de condições ambientais muito díspares entre os dois viveiros, designadamente com taxas de

evapotranspiração significativamente maiores nos **VA** (localizado numa região consideravelmente mais quente e seca, que nos Viveiros Furadouro) e concomitantemente, maiores riscos de acumulação de sais no substrato.

Os trabalhos realizados no âmbito do iPLANT, permitiram determinar com maior rigor as dotações ótimas de rega para cada tipo de substratos utilizados. Assim, o sistema de rega foi alterado de gotejadores de 2l/h autocompensantes e antidrenantes, distanciados entre si 25 cm e com linhas afastadas 17,5 cm, para um sistema com gotejadores a cada 20 cm linhas a cada 10 cm e gotejadores autocompensantes e antidrenantes de 0,7 l/h. Uma maior densidade de gotejadores, e um menor caudal permitiram uma menor velocidade de percolação de água no substrato e o aumento lateral do bolbo húmido.

Como medida preventiva para evitar a acumulação de sais no substrato do minijardim, é importante assegurar que ocorre alguma drenagem após cada rega. A rega e fertirrega devem por isso ser administradas em ligeiro excesso das necessidades de consumo do PPM. Este excesso não deve, no entanto, exceder cerca de 20% do volume aplicado, pois isso significaria que a nossa dotação está a ser excessiva e a desperdiçar recursos. Este procedimento é importante para minimizar a necessidade de lavagem dos sais que se poderão acumular no substrato.

Para um melhor controlo dos valores de drenagem, as regas passaram a ser realizadas com tempos entre 2 a 4 minutos, para se atingirem os objetivos de drenagem. Nalguns períodos do ano, as drenagens excessivas implicaram alterações na frequência das regas: no inverno, espaçando as regas por um ou mais dias, e no verão, com drenagens baixas mesmo com tempos de rega de 4 minutos, levou à realização de duas regas diárias.

Controlo da sanidade

Os PPM com sistema de regagota-a-gota apresentam em geral boas condições fitossanitárias. Porém, podem ocorrer doenças, em resultado das plantas de pés mãe estarem frequentemente a ser podadas, o que promove a existência de feridas e pela perda de vigor causada pela frequente remoção de área foliar. A proteção fitossanitária deve basear-se na frequente observação do estado dos pés-mãe, tentando identificar as principais pragas e doenças que ocorrem nestas plantas. Depois de identificada uma praga ou doença é avaliado o seu impacto qualitativo e quantitativo e em função da estimativa de risco é tomada a decisão sobre a melhor forma de proteção das plantas.

No caso das pragas como a psila da folha juvenil do eucalipto, trips, cochonilhas e algumas lagartas, a proteção das plantas passa pela aplicação de produtos fitossanitários devidamente autorizados para a aplicação em eucalipto e viveiros de acordo com a informação oficial existente.

No PPM dos **VA**, é frequente a presença de *Pestalotiopsis* spp., a partir de Março e especialmente em clones mais suscetíveis (Figura 14). Se ocorrerem condições no PPM de ambiente quente e húmido e com pouco arejamento, isso irá potenciar o desenvolvimento do fungo nos mini pés-mãe, o que se reflete numa mortalidade dos pés-mãe mas especialmente na contaminação de doenças para a fase de enraizamento das estacas. Preventivamente, recomenda-se a aplicação de tratamentos regulares (e.g. Stroby e Flint) e com produtos alternados que se devem manter, mesmo se a incidência de fungos pareça ser menor, pelo menos até ao início do inverno.



Figura 14. Primeiros sintomas de *Pestalotiopsis* sp em pés-mãe de G74 (esq) e presença de oídio em mini pés-mãe (direita)

As principais doenças no PPM dos VdF são o oídio, as podridões, e alguns cancros do caule. No caso do oídio, testou-se no âmbito do iPLANT a viabilidade de se usar a radiação ultravioleta (UV) como método preventivo e curativo no parque de pés-mãe. No teste realizado, foram selecionados três clones que habitualmente têm elevada incidência desta doença e sujeitaram-se as plantas a 3 segundos de radiação UV, comparando a eficácia do tratamento em relação a um controlo com o tratamento fitossanitário químico habitual, quando necessário. Infelizmente, não se constatou que o UV tenha diminuído a presença de oídio nos pés-mãe, o que permite concluir não ser um método curativo alternativo eficiente.

Para mais informação consultar o relatório Deliverable 3.7 - Radiação ultravioleta para controlo de oídio em pés-mãe.

4. Colheita e preparação das estacas

A manutenção de uma altura reduzida e da melhor arquitetura de ramificação dos pés-mãe (através das podas de formação e colheitas frequentes), a escolha criteriosa do tipo de estaca a colher e os tratamentos a que se submetem as estacas após colheita e antes de as colocar a enraizar são aspetos importantes para se ter um PPM produtivo e com alta taxa de sucesso das estacas. Iremos rever estes aspetos em detalhe. Na Tabela 11 compilam-se os factores que se consideram críticos na colheita e preparação das estacas, antes da sua entrada na fase de enraizamento. Iremos rever cada um deles em detalhe.

Tabela 11. Factores críticos no sucesso da estacaria e breve descrição dos aspetos mais importantes a ter em conta em cada um deles.

Factores Críticos	Melhor descrição disponível
Altura do dia da colheita	Início da manhã. Podem ser recolhidos rebentos que são armazenados em caixas de esferovite na câmara fria e plantados mais tarde.
Manipulação da estaca	Por o tecido ser muito tenro requer especiais cuidados de manipulação. Importante especializar pessoal para os cuidados extra com a mini-estaca
Tipo de estaca	No final, ter um comprimento de 5-10 cm, em geral sem ápice, diâmetro da base entre 1,5 e 2 mm, com 2 e 4 pares de folhas, que poderão ser cortadas parcialmente e com secção preferencialmente arredondada.

Concentração de Hormona	2500ppm (0.25%), mergulhada em solução 5 segundos. Alguns clones podem não necessitar de hormona
--------------------------------	---

4.1. Poda de formação

A poda de formação de um pé-mãe começa com a seleção da planta que o vai formar. Para a instalação do PPM, devem escolher-se plantas com cerca de 3 a 4 meses, com folhas em todos os entrenós e sem presença ou sintomas de pragas e doenças visíveis. Cerca de 3 semanas após plantação, com a existência de crescimento ativo da planta é efetuada a primeira poda, com o corte do rebento, deixando 2 pares de folhas ativas. Este rebento retirado pode ser utilizado para a realização de estacas. Seguidamente serão realizados trabalhos de desponta de rebentos e rebaixamento de um par de folhas de forma a ter os pés-mãe mais baixos possíveis. A partir dos dois rebentos mais baixos, tenta-se podar o pé-mãe em forma de vaso. Esta forma de condução vai permitir a existência de rebentos nos diversos estados de desenvolvimento. Os pés-mãe entram em produção normal 2 a 3 meses após a plantação.

Recomenda-se que o mini pé-mãe tenha uma altura nunca superior a cerca de 25 cm (Figura 15). Idealmente os pés-mãe deverão ter todos a mesma altura para evitar ensombramento. Para tal é importante que as plantas à instalação não sejam muito altas e tenham bastante área foliar, para permitir um primeiro corte apical a cerca de 10 cm de altura. Se tal não for possível pode ser necessário rebaixar o pé-mãe e início conduzir cuidadosamente a rebentação lateral.

As podas podem ser feitas cortando as folhas velhas ou redução em 50% a área de outras, de modo a melhorar o arejamento e estimular uma rebentação mais firme (em que a base dos rebentos é menos “quadrada”). É importante uma recolha contínua para evitar o crescimento e estiolamento excessivo dos rebentos. Deve-se manter um mínimo de área foliar residente, suficiente para manutenção da taxa fotossintética do pé-mãe após recolha dos rebentos. A maioria dos clones apresenta forte rebentação em vários pontos do mini-cepo pelo que é desejável deixar vários ramos (Figura 15).



Figura 15. Poda de formação tradicional, assegurando vários pontos de rebentação e boa luminosidade em todos os ramos.

4.2 Tipo de estaca

Os rebentos para recolha podem variar de acordo com o clone, época ou estado do pé-mão. Os dois viveiros têm especificações semelhantes, embora com algumas especificidades, relacionadas com as condições de produção e os clones utilizados.

Nos **VdF**, considera-se que a miniestaca ideal é um rebento entre 5 a 7 cm de altura, em geral com ápice, 3 a 4 pares de folhas e um diâmetro da base entre 1,5 e 2 mm de secção, preferencialmente, arredondada. Com exceção das folhas do ápice, todas as folhas são reduzidas a cerca de 2/3 do seu comprimento, não devendo as superiores ter comprimento superior às inferiores

Nos **VA** considera-se a estaca típica é um pouco maior, com um diâmetro não superior a 4 mm e um comprimento de 5-10 cm, ter entre 1 e 3 pares de folhas. Porém, ao longo do ano e em função das condições ambientais e da produtividade do próprio PPM, as características ótimas da estaca vão-se alterando. No verão, na época de maior produtividade do PPM, colhe-se uma estaca *mini-macro* (ou média), que se aproximam da morfologia de uma estaca tradicional macro (Figura 16), sem ápice e com um a dois pares de folhas que poderão ser cortadas parcialmente. Nos períodos de inverno, com menor produtividade do PPM, produz-se uma estaca tipicamente **mini**, de menor dimensão e geralmente com ápice, desde que o rebento o permita.

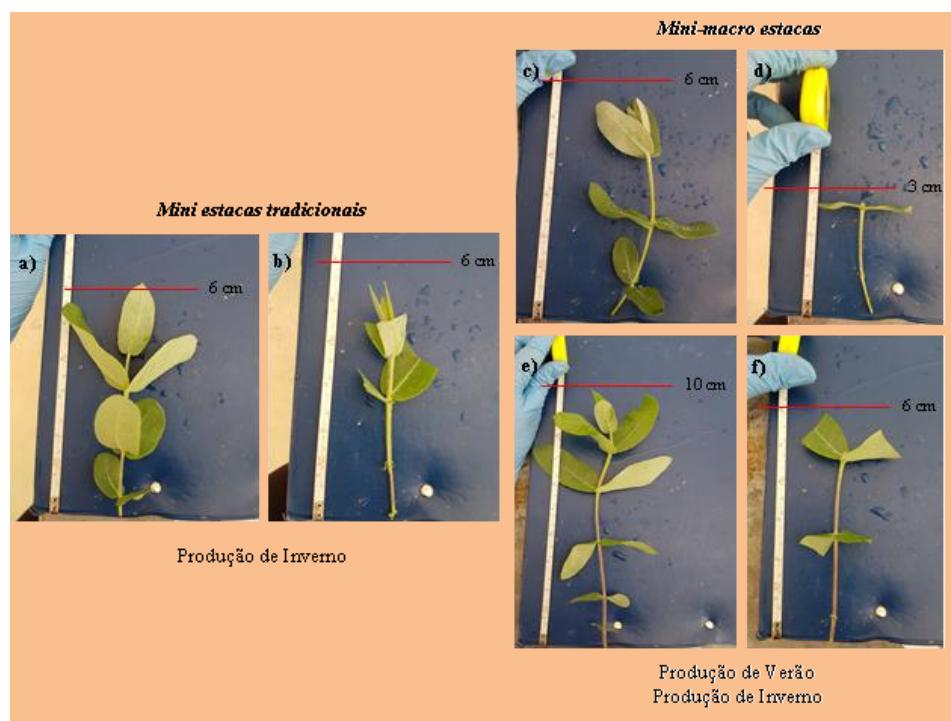


Figura 16. Rebentos (esquerda) e as resultantes estacas mini e médias (direita) produzidas em clones *E. globulus*. a) e b) típica mini; c) e d) média estaca com um par de folhas; e) e f) média estaca com dois pares de folhas.

4.3 Estacaria

Timing

No sistema de produção dos **VdF** e dos **VA**, as operadoras antes de colher as estacas fazem uma avaliação do estado dos rebentos no pé-mãe, decidindo quais os pés-mãe que darão estacas, as que terão de ser

eliminados e as que serão deixados para uma futura colheita. Cada rebento deverá ter entre 4 e 6 pares de folhas (com 12 a 15 cm de comprimento) de forma a produzir uma mini-estaca com 2 pares de folhas e 6-8 cm de comprimento. A seleção dos rebentos é feita tendo em conta o estado de lenhificação do rebento, dando preferência a estacas com caule arredondado na zona a enraizar. Os rebentos com qualidade para estacaria são cortados com tesoura bem afiada e colocadas num recipiente com base humedecida. Durante estes passos, as estacas devem ter o mínimo manuseamento possível, para não danificar os tecidos. Os rebentos preparados devem ser plantados o mais rapidamente possível (entre 10 a 15 minutos após o corte) para evitar a sua desidratação, nomeadamente em dias de elevada temperatura e baixa humidade do ar.

As condições ambientais presentes na altura da colheita são importantes. No âmbito do projeto iPLANT, foram estudadas algumas alterações nos procedimentos de colheita de estacas e estacaria, designadamente a altura do dia em que se realiza esta tarefa. Selecionaram-se seis clones (dos quais cinco *E. globulus* e um híbrido) e avaliaram-se o sucesso de enraizamento em três horários de colheita (8:00, 13:30 e 17:00 horas). Para as condições relativamente temperadas do VdF, não o momento da colheita de rebentos não teve influência significativa na mortalidade de rebentos ou no número de estacas enraizadas.

Para mais informação consultar o resultado do ensaio iPLANT reportado no Deliverable 3.9 - Influência do momento da colheita no enraizamento.

Hormona de enraizamento

Uma das vantagens inicialmente atribuídas à mini-estacaria é o de supostamente não necessitar de aplicação de hormona de enraizamento. Este aspeto, não sendo muito crítico para a estrutura de custos, vai adicionar complexidade ao processo de produção, designadamente na fase crítica de preparação das estacas. Embora dependente das espécies e dos clones, vários estudos realizados nos dois Viveiros demonstraram que, para a maioria dos clones de *E. globulus*, a aplicação de hormona resulta em melhorias significativas do enraizamento. Nos VA, o procedimento inclui mergulhar a estaca numa solução de IBA com concentração de 2500ppm (0.25%) durante 5 segundos e posteriormente numa solução com fungicida. Nos VdF, o procedimento é de colocar a base da estaca em contacto com a mesma hormona de enraizamento mas em pó, contendo 0,66 % de IBA (6600 ppm) e 15% de fungicida de contacto.

Sanidade dos equipamentos utilizados

Os equipamentos usados na colheita das estacas devem ser cuidadosamente limpos e mantidos. As tesouras devem ser regularmente desinfetadas e estar bem afiadas para evitar maceração dos tecidos, tanto no pé-mãe como no rebento. Os rebentos devem ser colhidos o mais próximo possível do entre-nó para que o restante toco não sirva de ponto de entrada de doenças e devem estar totalmente livres de sintomas de doenças. A esterilização do material deve ser feita ao final do dia (e.g. etanol, UV, água quente), devendo ser feitas limpezas intermédias com etanol, por exemplo no momento de troca de materiais genéticos.

5. Substrato de enraizamento e contentores

5.1 Substrato para estacaria

Uma vez que o enraizamento das estacas ocorre em ambientes de elevada humidade, o substrato deve ser particularmente bem arejado e de fácil drenagem. Isso evitara um permanente excesso de água, reduzindo o risco de doenças e de formação de algas e dando melhores condições de desenvolvimento inicial do sistema radicular. Nos **VA**, a mistura geralmente utilizada inclui 60% de turfa e 40% esferovite, perlite ou similar, podendo acrescentar no topo uma camada de vermiculite (Figura 17) para reduzir humidade e área de contacto entre as folhas da estaca e a superfície do substrato. Nos **VdF** o substrato de enraizamento utilizado na estacaria é composto por 75% de vermiculite n.º 2 e 25% de turfa de 0 a 7 mm, não corrigida nem fertilizada. A preparação do substrato é realizada em betoneira própria onde são misturados os componentes e é humedecida a mistura com uma solução nutritiva diluída para valores de CE de 1,8 mS/cm que servem para suprir as necessidades destas plantas até completarem 4 semanas.



Figura 17. Mini estacas de G74, instaladas nos VA com um substrato de 60% turfa e 40% de esferovite, e com uma capada de vermiculite no topo.

5.2. Tubetes

Nos **VdF**, a produção clonal faz-se em tabuleiros modulares CETAP OPTIM 40 com 120 cc de volume. Os tabuleiros como acompanham todo o processo de produção da planta até à sua plantação no campo, antes do enchimento com o substrato de enraizamento são submetidos a um processo de lavagem e desinfecção térmica de forma a tentar debelar a ocorrência de problemas fitossanitários. Nos **VA**, a produção de *Eucalyptus globulus* é maioritariamente baseada em tubetes de plástico PVC com estrias internas e um volume de 220cm³.

De modo a encontrar materiais alternativos ao plástico, foi estudado no âmbito do **iPLANT** a utilização de invólucros de papel reciclável como tubete para produção de miniestacas. A prova de conceito foi realizada nos **VA**, recorrendo a um equipamento Ellepot modelo H111. Este equipamento produz cilindros de substrato envolvido em papel biodegradável, tendo sido neste caso produzidos cilindros com 120cm³. A vantagem do uso de um rolo de papel com menor volume (de 120cm³) que o anterior Tubete de PVC (de 220 cm³) leva a uma redução no consumo das matérias-primas (turfa, adubo, etc) e consequente a menor custo de produção, bem como uma maior rapidez no desenvolvimento da planta (Figura 18).

Adicionalmente, o Ellepot evitará o uso de tabuleiros para expedição, o que representa uma importante simplificação operacional.



Figura 18. Tubete tradicional vs ellepot e respectivos tipos de papel biodegradável.

Nos testes realizados no âmbito do **iPLANT**, verificou-se que o uso de contentor de papel Ellepot resultou num sucesso de enraizamento ligeiramente inferior ao sistema de tubete PVC tradicional (perda de 6%), embora as diferenças dependessem dos clones e da época. Porém, as plantas no *Ellepots* apresentaram um melhor desenvolvimento e arquitetura radicular, com uma parte aérea mais equilibrada e o torrão da planta mais agregado do que o do tubete (Figura 19).



Figura 19. Observação do sistema radicular em plantas produzidas em ellepot e tubete.

Em Junho de 2020, igualmente no âmbito do **iPLANT**, avaliou-se um novo equipamento Ellepot (modelo Multiflex) e a colocação dos Ellepots nos atuais tabuleiros de produção dos **VA** versus em tabuleiros plásticos específicos (Figura 20). Esta máquina permitiu a produção de 2.500 rolos por hora o que perfez

28 tabuleiros por hora. Foi igualmente possível demonstrar que a campanha de estacaria de Inverno (iniciada em Setembro), poderia produzir até 1.6 M estacas prontas para expedição a finais de Abril.



Figura 20. Layout do upgrade proposto para a nova máquina (a). Máquina em funcionamento (b,c). Exemplo de ellepot utilizado na miniestacaria(d). Estaca em desenvolvimento com 25 dias onde é possível a visualização de raízes laterais(e).

6. Enraizamento

O enraizamento é a parte mais crítica para o sucesso da produção de clones de eucalipto, especialmente em espécies como o *E. globulus* que são de difícil enraizamento. Podemos separar o enraizamento em duas etapas. Uma primeira de iniciação de raízes (FASE 1 do Enraizamento) e uma segunda onde as estacas já estão enraizadas e se onde se deve iniciar o processo de atempamento e início de crescimento de novos ramos e folhas (FASE 2 do Enraizamento). Iremos a seguir caracterizar estas duas etapas da estacaria em detalhe.

Na FASE 1, o objetivo é assegurar que as estacas são mantidas vivas, nas condições ambientais mais favoráveis à formação de raízes (rizogénese). Uma vez que nesta fase as estacas não têm raízes, a sua capacidade de se hidratarem, ou de recuperarem de uma eventual desidratação, é muito limitada. Isso implica que a estufa possa garantir condições de elevada humidade, de modo a inibir a transpiração, mas

com temperaturas elevadas de modo a manter ativos os processos metabólicos para formação de novas raízes. Dependendo das condições climáticas e do material genético, a Fase 1 as estacas levam entre 25 a 50 dias. Nesta fase é particularmente critico a manutenção de boas condições sanitárias.

Na FASE 2, a de atempamento, é importante ir alterando as condições climáticas dentro da estufa de modo a promover o crescimento das raízes e a formação de novos rebentos. Deve-se por isso gradualmente ir reduzindo a humidade e aumentando a luz, até ao momento em que as plantas disponham de um sistema radicular e parte aérea em condição de serem deslocadas para o exterior para rustificação e expedição.

Em ambas as fases de Enraizamento é fundamental dispor de estufas com um rigoroso sistema de controlo ambiental e um cuidadoso protocolo de acompanhamento do estado de sanidade e de desenvolvimento radicular de modo a ir aplicando os tratamentos necessários e procedendo a modificações no ambiente da estufa. Vários trabalhos desenvolvidos no âmbito do **iPLANT** incidiram sobre melhorias neste passo da propagação.

6.1. Estrutura de enraizamento nos VdF

O compartimento de enraizamento dos **VdF** é composto por quatro naves de 8m de largura e 72m comprimento, para uma área total de 2304 m² (Figura 21) e tem capacidade para 710 mil rebentos.



Figura 21. Zona de enraizamento de estacas de *Eucalyptus globulus* Labill., nos Viveiros do Furadouro.

Estas estufas têm um controlo climático totalmente automatizado. Dispõe de diversos sistemas de controlo para ventilação, aquecimento, redes térmicas/sombra, arrefecimento por painel evaporativo (cooling), e sistemas de humidificação e rega. O sistema de ventilação natural é constituído por janelas descontínuas instaladas na cumeeira das estufas (janelas zenitais). A ventilação dinâmica é composta por 8 exaustores que permitem fazer cerca de 37 renovações de ar por hora. O sistema de arrefecimento

evaporativo é composto pela atuação do sistema de renovação de ar dinâmico e a humidificação do painel evaporativo. Existem cerca de 81 m² de área de painel evaporativo. O controlo da radiação máxima é efetuado por uma rede aluminizada que tanto pode ser utilizada para fazer sombreamento como também para manutenção de temperatura e poupança energética. Estas redes têm uma percentagem de sombreamento de 70 a 75% com passagem de 25 a 30% de luz direta e 45% de luz difusa. O sistema de aquecimento é composto por termoventiladores (permutador com ventilação) aquecidos a água, com projeção de ar quente. O sistema de humidificação é composto por um sistema de micronebulização (fog) de alta pressão, formando gotas de 20 µm de diâmetro. Finalmente, o sistema de rega é composto por um sistema de rega de nebulização (foggers de baixa pressão) que permite aspergir gotas de água de pequena dimensão, permitindo uma pequena película de água sobre as folhas, sem aportar demasiada dotação de água.

6.2. Estrutura de enraizamento nos VA

A área total da estufa de enraizamento é de 2.340m² com uma capacidade para 498 mil rebentos. A estufa de enraizamento dispõe de aberturas laterais e zenitais, além de um sistema de arrefecimento e aquecimento (Figura 22). É composta por uma pantalha que evita as perdas térmicas e é ajustada automaticamente às diferentes luminosidades. O sistema de rega é composto por foggers que garantem a correta nebulização (gotículas de pequena dimensão).



Figura 22. Estufa de Enraizamento nos Viveiros Aliança.

6.3. Clima no enraizamento

A Tabela 12 apresenta um resumo dos principais fatores envolvidos nas duas fases do enraizamento e os parâmetros e especificações típicos de cada um. Em seguida, iremos detalhar cada um deles.

Tabela 12. Condições ambientais de referência para a FASE 1 (primeiros 30 dias) e FASE 2 (dos 30 aos 90 dias) do enraizamento

Fases de Enraizamento	Fatores chave	Parâmetros
Fase 1 (dos 0-30 dias) Sobrevivência	Manter as plantas bem hidratadas até à formação de raízes: Luz reduzida, sem incidência direta e manter o DPV na faixa ótima. Controlo apertado da sanidade: Cuidado com excesso de água nas folhas e substrato.	Luminosidade entre 2.000 e 8.000 lux DPV entre 2 a 5 mB (ou 0,2 a 0,5 kPa)
Fase 2 (dos 30 aos 60 a 90 dias) Promover o crescimento gradual das raízes e parte aérea	Luz mais intensa mas sem incidência direta, aumentar gradualmente o DPV	Luminosidade entre 5.000 e 10.000 lux DPV próximo de 8 mB ou 0,8 kPa

Déficit de Pressão de Vapor

O Deficit de Pressão de Vapor (DPV), que combina os efeitos de temperatura e humidade do ar, é um excelente indicador da adequabilidade do ambiente para o enraizamento das plantas. Na FASE 1 de Enraizamento, valores elevados de DPV, que em plantas normais seria considerado desejável, levarão as jovens estacas a um rápido emurcheчimento (momento em que a taxa de absorção de água da planta é superada pela taxa de desidratação dos seus tecidos). Não tendo raízes para se reabastecer, as estacas rapidamente perderão turgescência e morrerão. É por isso essencial garantir que os valores de DPV não ultrapassem ~4 mB por períodos alargados de tempo. Por outro lado, se os valores de DPV se mantiverem excessivamente baixos, isso leva a um excesso de humidade no ar, causando condensação de água nas folhas e superfícies, saturação permanente de água no substrato e um aumento do risco de incidência de doenças. Não é por isso recomendado que se suba excessivamente a humidade do ar na estufa de enraizamento. Os valores de DPV deverão por isso manter-se desejavelmente numa faixa estreita de valores, um exercício muito mais difícil do que é exigido no PPM.

Na FASE 2 de atempamento, após a formação das primeiras raízes, é importante assegurar um gradual aumento dos valores de DPV permitindo à planta realizar alguma fotossíntese. As condições ambientais de referência para a FASE 1 (primeiros 30 dias) e FASE 2 (dos 30 aos 90 dias) do enraizamento estão detalhadas na Tabela 12

Com as faixas ótimas de DPV muito mais estreitas que as reportadas para o PPM, é importante que a estufa de enraizamento disponha de um bom sistema controlo de humidade (via fogging) e de arrefecimento, especialmente nos momentos em que ocorrem elevadas temperaturas do ar. Com temperaturas elevadas haverá um maior risco de perda de humidade e consequente de uma subida brusca do DPV, com dessecção das folhas e consequente mortalidade das estacas. No inverno, em que as temperaturas se encontram abaixo dos 20°C, é mais fácil assegurar que a estufa apresenta valores de DPV adequados. Nas condições de produção e controlo ambiental dos VA, os valores de VPD referência para o enraizamento (Fase 1) andam entre 2 a 5 mB (ou 0.2 e 0.5 kPa). Em condições de temperatura na estufa próximas de 20 a 25°C, isso implica assegurar humidades entre 80 e 90%. Durante o Verão, onde as temperaturas dificilmente baixam dos 30°C, a humidade deveria estar constantemente acima de 95%,

uma tarefa muito difícil de cumprir, com o atual sistema de refrigeração (baseado em mais frequência de rega, ensombramento e abertura de janelas laterais e zenitais). Por esta razão, a principal época de produção dos VA ocorre no período mais frio do ano. Os **VdF** dispõem de um clima mais ameno, especialmente no Verão, e um sistema de arrefecimento (painel evaporativo) é mais eficaz em arrefecer o ar, mantendo a humidade elevada, o que os permite produzir mais facilmente ao longo do ano.

Nas condições de produção dos **VdF**, no período entre a estacaria e a formação de raízes (Fase 1), as condições ideais de temperatura variam entre 18 a 24°C e o DPV entre 4 e 6 mB (0,4 a 0,6 kPa). Note-se que as condições existentes nesta zona condicionam as condições climáticas da zona de enraizamento. Valores acima ou abaixo dos referidos podem aceitar-se, desde que geridos de acordo com os equipamentos existentes de forma a minimizar os impactos das condições menos favoráveis.

Após os 30 dias iniciais, a intensidade de luz deve aumentar gradualmente, para intensidades entre 5.000 a 10.000 lux embora ainda sem luz direta, permitindo a planta iniciar a sua atividade fotossintética à medida que vai formando o seu sistema radicular. Nesta FASE 2, o DPV deverá subir para valores de 8 e 9 mB (0,8 a 0,9 kPa). Com temperaturas no interior da estufa entre 20°C e 30°C implica assegurar humidades entre 60 e 80% (Figura 23). Nesta fase, humidades demasiado altas levam à condensação de água nas folhas, com impacto no risco de doenças e numa reduzida da atividade fotossintética das plantas. Após a FASE 2 do enraizamento (ca 90 dias), as plantas já estão em condições de seguir para rustificação, sendo este o momento ideal para fazer a avaliação do sucesso de enraizamento e proceder a uma eventual triagem. O sucesso de enraizamento pode medir-se como o número de plantas enraizadas e saudáveis sobre o número de estacas iniciadas.

	Humidade							
	100	90	80	70	60	50	40	30
10	0,00	1,23	2,46	3,68	4,91	6,14	7,37	8,60
12	0,00	1,40	2,81	4,21	5,61	7,01	8,42	9,82
14	0,00	1,60	3,20	4,80	6,39	7,99	9,59	11,19
16	0,00	1,82	3,64	5,45	7,27	9,09	10,91	12,73
18	0,00	2,06	4,13	6,19	8,26	10,32	12,38	14,45
20	0,00	2,34	4,68	7,01	9,35	11,69	14,03	16,37
22	0,00	2,64	5,29	7,93	10,58	13,22	15,86	18,51
24	0,00	2,98	5,97	8,95	11,94	14,92	17,90	20,89
26	0,00	3,36	6,72	10,08	13,45	16,81	20,17	23,53
28	0,00	3,78	7,56	11,34	15,12	18,90	22,68	26,46
30	0,00	4,24	8,49	12,73	16,97	21,22	25,46	29,70
32	0,00	4,75	9,51	14,26	19,02	23,77	28,53	33,28
34	0,00	5,32	10,64	15,96	21,28	26,60	31,92	37,23
36	0,00	5,94	11,88	17,82	23,76	29,70	35,65	41,59
38	0,00	6,62	13,25	19,87	26,50	33,12	39,75	46,37
40	0,00	7,38	14,75	22,13	29,50	36,88	44,25	51,63

Figura 23. Valores de Deficit de Pressão de Vapor (DPV) recomendados para a FASE 1 de enraizamento (valores em mB).

Os valores esperados de enraizamento variam muito entre clones. Dos materiais desenvolvidos e testados no âmbito do **iPLANT**, alguns clones têm claramente maior potencial de enraizamento que outros. Porém, incidentes causados por condições ambientais e sanitárias excepcionais que ocorram durante o enraizamento causam uma elevada variação no sucesso de enraizamento ao longo do ano. Se a mortalidade ocorrida durante a FASE 1 foi elevada (e.g. por problemas fitossanitários ou morte por

dessecção associada a valores elevados de DPV), o enraizamento observado pode ficar muito aquém do sucesso esperado para o clone.

Controlo da sanidade

Durante a fase de enraizamento é frequente o desenvolvimento de fungos como a *Botrytis* sp. e *Pestalotiopsis* sp. ou de insetos como a *Bradysia* (Figura 24). Tratamentos fitossanitários de rotina e colocação de armadilhas cromotrópicas para controlar estes problemas devem ser aplicados como ação preventiva. A limpeza da estufa é um fator igualmente muito importante no controlo de pragas e doenças. A remoção das estacas mortas e folhas caídas das mini-estacas é fundamental para minimizar a propagação dos esporos dos fungos. A limpeza do chão, águas paradas, folhas caídas, tubetes com plantas mortas e lixo são muito importantes para minimizar o desenvolvimento da mosca-do-terriço nas suas várias fases de desenvolvimento



Figura 24. Adulto da mosca-do-terriço em armadilha cromotrópica (esquerda) e larva a alimentar-se do caule de uma mini estaca (direita) (RAIZ, fev 2018).

Tratamentos sanitários alternativos

A *Botrytis cinerea* é um fungo que causa a podridão cinzenta, uma das principais doenças presentes em sistemas de propagação vegetativa de *Eucalyptus globulus*, e que conduz a elevadas perdas por mortalidade das estacas. O potencial de utilização da radiação ultravioleta (UV) no combate e prevenção de doenças fúngicas tem sido identificado com sucesso, permitindo diminuir a aplicação de fungicidas no sistema. Nos VdF, e no âmbito do projeto iPLANT, testou-se a aplicação de luz UV a estacas de quatro clones de *E. globulus*, na estufa de enraizamento, durante os meses de junho a dezembro de 2019. Até seis semanas após plantação, as estacas foram sujeitas ao tratamento com UV três vezes por semana, por comparação às testemunhas com o tratamento fitossanitário químico habitual uma vez por semana. Verificou-se que a capacidade de sobrevivência e enraizamento das estacas não foi influenciada pela radiação UV, sendo em todos os clones equiparável ao tratamento controlo. De uma forma geral, a existência de um sistema de tratamento por UV aplicado de forma automatizada pode ser uma alternativa no controlo de podridões nas zonas de enraizamento, diminuindo o uso de fitofarmacêuticos e todos os problemas a eles associados como por exemplo a exposição do aplicador, a contaminação do solo e da água, criação de resistências pelos fungos, entre outros problemas conexos.

Para mais informação consultar o relatório do projeto iPLANT Deliverable 3.10 - Radiação ultravioleta para controlo de *Botrytis* spp. no enraizamento de estacas de *Eucalyptus globulus*.

Promotores de crescimento

A incorporação no substrato ou na base da estaca de produtos promotores de enraizamento ou crescimento radicular em sistemas de propagação vegetativa por estacaria de eucalipto foi igualmente testada no âmbito do **iPLANT**. Em particular, foram utilizadas rizobactérias da estirpe *Bacillus subtilis*, conhecidas pela sua capacidade de colonizar as raízes e desenvolver associações de simbiose com as plantas, tem tido resultados promissores na promoção do crescimento e enraizamento. Também o uso de fertilizantes concentrados em gel mostra ter potencial nalguns casos, ao permitirem reduzir a transpiração da planta e a libertação gradual de nutrientes, estimulando o desenvolvimento inicial da planta.

Porém, dos estudos realizados no âmbito do **iPLANT**, concluiu-se que nenhum destes produtos mostrou ser eficientes em reduzir a mortalidade e induzir o enraizamento, relativamente ao protocolo tradicional.

Para mais informação consultar o relatório do projeto **iPLANT Deliverable 3.11 – Rizobactéria *Bacillus subtilis* e Humigel como promotores de enraizamento de estacas de *Eucalyptus globulus***.

7. Rustificação

Após o enraizamento inicial, as estacas podem começar a ser gradualmente tratadas como uma planta normal, com maior arejamento e valores mais altos de DPV, mais luz e a possibilidade de se iniciarem aplicações com solução nutritiva.

Gel hidroabsorvente para regulação hídrica

Foi referido que no processo de enraizamento é benéfico a utilização de um substrato de elevada porosidade e fácil drenagem e consequentemente uma reduzida retenção de água. Porém, nas fases seguintes de atempamento e rustificação das plantas, um substrato demasiado poroso é desvantajoso pois exige frequentes regas para evitar que as plantas não entrem em situações de défice hídrico.

De forma a se poder regular melhor a disponibilidade de água e o crescimento das plantas na fase de rustificação, foi testado no âmbito do **iPLANT**, a aplicação de três tipos de gel-hidroabsorvente (Figura 25). Estes produtos têm a capacidade de aumentar significativamente a quantidade de água retida no substrato e poder gradualmente ir libertando-a às raízes, potenciando uma diminuição no número e dotação das regas.



Figura 25. Aspetto de incorporação no substrato de gel-hidroabsorvente de modo a aumentar a capacidade de retenção de água dos substratos e regular a sua disponibilidade às plantas

Utilizaram-se duas marcas comerciais distintas no substrato, *Gel Aquaterra Polyester GRP* e *Gel Agrotec Plantio*, e uma através de rega na fase de atempamento com *Gel Agrotec Irriga* (G3). Pretendeu-se assim numa primeira fase exploratória, avaliar o impacto dos géis no enraizamento e sobrevivência das estacas. O ensaio ocorreu nos **VdF** de maio a junho de 2019. Os resultados obtidos, embora exploratórios, não confirmaram que a aplicação dos hidrogéis tivesse permitido diminuir a frequência das regas, e por conseguinte, não aparentam ser eficazes no controlo da disponibilidade hídrica às plantas nem ao seu desenvolvimento.

Resultados detalhados para este ensaio podem ser consultados no Deliverable 3.14- Efeito do uso de um regulador de crescimento no desenvolvimento de clones de eucalipto.

Reguladores de crescimento

O Paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento que tem sido utilizado para controlar o crescimento vegetativo e para melhorar os padrões de floração e frutificação de forma a ser possível a obtenção de melhores rendimentos económicos de várias culturas arbóreas. No contexto deste estudo, o uso de reguladores de crescimento pode ter um papel importante no controlo do desenvolvimento excessivo da planta em fase de atempamento de forma a viabilizar a sua permanência em "standby". Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar o impacto de diferentes concentrações do PBZ na alteração de características morfológicas de clones de eucalipto. Embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre tratamentos, este estudo parece ser um bom indicador do potencial deste regulador de crescimento de plantas em fase de atempamento colmatando as necessidades de viveiro neste âmbito.

Resultados detalhados para este ensaio podem ser consultados no Deliverable 3.15- Efeito do uso de um regulador de crescimento no desenvolvimento de clones de eucalipto.