

Projeto iPLANT

**“Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto
para enfrentar desafios atuais”**

Deliverable 4.1.

“Avaliação dos resultados do novo sistema de miniestacaria em escala piloto”

30 de Setembro 2021

Índice

Introdução	1
1- Luz suplementar em pés-mãe de <i>E. globulus</i>	1
2- Tipo de substrato para pés-mãe de <i>E. globulus</i>	11
3- Passagem à escala operacional	21
4- Produzir novos clones com novo protocolo	27
5- Conclusões.....	29
7- Bibliografia.....	31

Introdução

O Projeto iPLANT está focado no desenvolvimento de metodologias de propagação vegetativa e produção de plantas mais eficientes, que possam a médio prazo tornar-se operacionais melhorando o desempenho do viveiros. A melhoria do processo de propagação vegetativa da espécie *Eucalyptus globulus* Labill., que é recalcitrante ao enraizamento, é também uma oportunidade ter mais genótipos com capacidade de enraizamento operacional.

A atividade 4 do projeto iPLANT (Tarefas 4.1/4.2) tem como objetivo avaliar o interesse de implementar melhorias nos viveiros operacionais com base nos seus resultados, em escala piloto, face às condições anteriores. Incluíram-se nesta atividade, com as novas abordagens testadas, a clonagem dos novos materiais de *E. globulus*. Consideraram-se dois aspetos fundamentais a testar: utilização de luz suplementar e comparação entre substratos alternativos.

1- Luz suplementar em pés-mãe de *E. globulus*

A luz é um dos principais fatores que regula o desenvolvimento das plantas, ao atuar como fonte primária de energia para a fotossíntese. Diversos estudos têm confirmado que a produção de biomassa vegetal em ambiente controlado pode ser beneficiada pela gestão adequada da intensidade da luz, fotoperíodo e qualidade espectral. A manipulação das

condições de luz pode inclusivamente influenciar o metabolismo da auxina, hormona que promove a diferenciação e o desenvolvimento radicular (Reid et al., 1991).

No processo de propagação vegetativa, sujeitar pés-mãe a uma maior quantidade de luz deverá conduzir a um aumento da taxa de fotossíntese e conseqüentemente, a uma maior produção de rebentos. Para além da intensidade, também a qualidade da luz é identificada como relevante na produtividade e enraizamento de estacas de *E. globulus* (Fett-Neto et al., 2001; Fogaca & Fett-Neto, 2005), inclusivamente quando aplicado a pés-mãe (Ruedell et al., 2013). A exposição de pés-mãe de *E. grandis* a vermelho longínquo não influenciou o enraizamento das suas estacas, contrariamente ao efeito verificado em *E. globulus* (Ruedell et al., 2013). Pelos resultados dos ensaios realizados nesta temática, verifica-se que a influência da radiação no enraizamento de *Eucalyptus* pode variar entre espécies, com a qualidade e quantidade de luz, e se a exposição ocorreu em pés-mãe ou estacas.

Face ao exposto, no âmbito do projeto iPLANT pretende-se investigar o efeito da exposição de pés-mãe de *E. globulus* a vários espectros de radiação, combinado com o aumento da intensidade e do fotoperíodo, num ensaio à escala piloto nos Viveiros do Furadouro (VF). Este ensaio decorreu ao longo de um ano de colheitas (de outubro 2019 a outubro 2020) e são apresentados em número de estacas produzidas e enraizadas. Pretende-se com os resultados deste ensaio, avaliar a oportunidade de fazer um scaling up em termos operacionais de um sistema de iluminação artificial e com que características.

Material e métodos

Instalou-se na estufa dos Viveiros do Furadouro um sistema de iluminação LED para quatro tipos de espectros comercializados pela Valoya - AP67, AP673L, G2 e NS12, este último semelhante à radiação solar, além de uma testemunha sujeita apenas à luz natural. Foram selecionados seis clones de *E. globulus*, quatro da Altriflorestal (A, B, C e M), dos quais um é novo, e dois do Instituto de Investigação da Floresta e Papel (RAIZ) (R1 e R2), dos quais um é novo, e plantados 357 pés-mãe por clone e tratamento com densidade 10 x 5 cm, num total de 10 710 pés-mãe. Utilizou-se um substrato misto de perlite A13 no topo e zeolite na base (50/50%). O esquema de plantação encontra-se descrito na Fig.1. O controlo foi

propositadamente instalado noutra linha, de forma a evitar a influência da iluminação artificial.

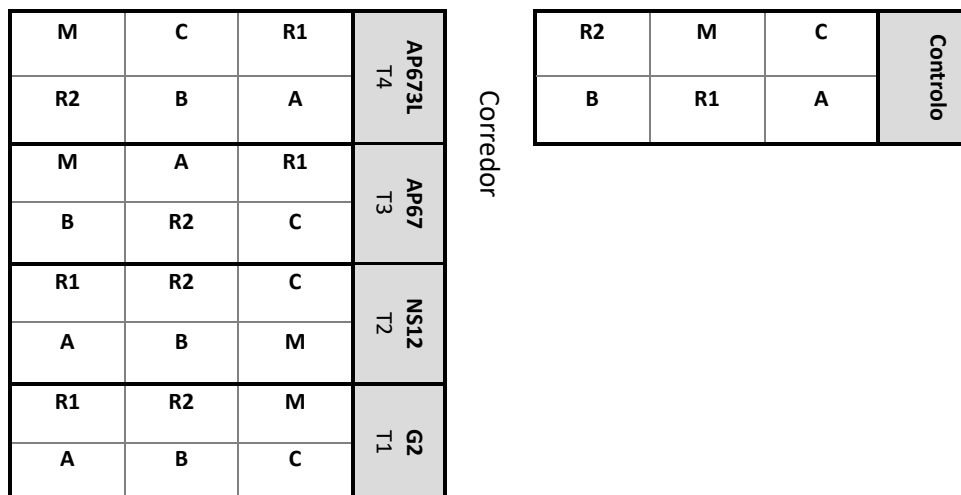


Figura 1. Esquema de instalação do ensaio por clone e tratamento.

A plantação dos pés-mãe ocorreu durante o mês de julho 2019, e iniciou-se o ensaio a 11/outubro/2019, quando as luzes foram ligadas e as plantas se encontravam em plena produção. A caracterização inicial dos planos de distribuição da luz nas bancadas foi realizada com recurso a um espectrómetro portátil para medição espectral no intervalo 380 – 780 nm (MK350D, UPRtek) e a um espectroradiómetro (FieldSpec) para medições mais precisas e abrangentes. Para minimizar o efeito da dispersão de radiação nas bordaduras das bancadas com luz adicional, garantindo que a amostragem de rebentos analisada corresponderia a uma intensidade de luz homogénea, delimitou-se uma zona central (A) em cada clone e tratamento com luz adicional, de acordo com os limites-alvo de intensidade fornecidos pela marca comercial: entre 80 a 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ debaixo das luzes (esquema da delimitação das bancadas na Fig. 2).

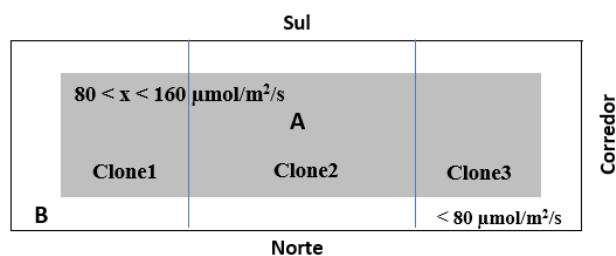


Figura 2. Esquema da delimitação de pés-mãe numa bancada dos tratamentos de luz em zona A (central) e B (bordadura). Para análise dos resultados, apenas foram considerados os pés-mãe referentes à zona central.

As condições ambientais ao nível das plantas (temperatura, humidade, radiação PAR) foram monitorizadas 24h, com a instalação de 2 ladybirds (TerraPrima) por tratamento. A gestão dos pés-mãe foi conduzida conforme o sistema habitual nos Viveiros do Furadouro: controlo da radiação com redes de sombra; climatização automatizada; periodicidade da fertirrega em função de um objetivo diário de drenagem (20-25%) e solução nutritiva (tendo em consideração a qualidade da água) aplicada de acordo com a avaliação diária da condutividade elétrica e pH da fertirrega e drenados. O estado fitossanitário dos pés-mãe foi monitorizado e aplicado tratamento químico quando necessário, eliminando-se as plantas mortas (sem reposição). A seleção e colheita de rebentos ocorreu pela técnica regular de miniestacaria do Viveiro, com a preparação de estacas entre 4 a 8 cm de comprimento, dois pares de folhas seccionadas e com eliminação do ápice. Após a colheita e anteriormente à plantação dos rebentos, foi aplicada hormona de enraizamento em pó na base do caule. Trimestralmente, realizaram-se colheitas de substrato para determinação da condutividade elétrica e pH de forma a monitorizar a salinidade do substrato. As colheitas foram realizadas por substrato em três sub-amostras ao longo da bancada, e a duas profundidades, para amostragem do topo (0-6 cm) e da base (6-12 cm). Com a incorporação das sub-amostras numa amostra composta por tratamento e profundidade, a determinação da condutividade elétrica e pH foi realizada em extrato aquoso de 1:5 em volume, com água destilada.

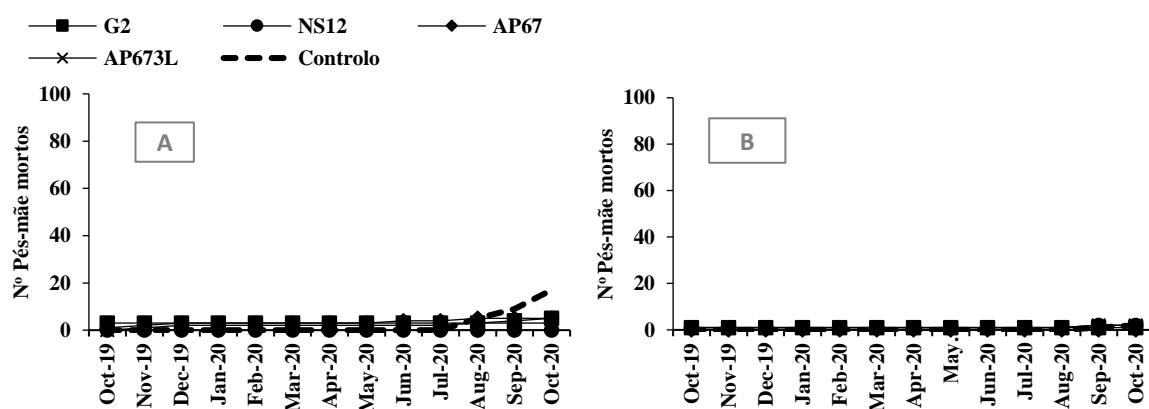
Para a determinação da produtividade, contabilizaram-se todos os rebentos colhidos por clone e tratamento nos vários ciclos de colheita, com os dados apresentados por m² de área ocupada pelos pés-mãe. A contabilização de estacas sobreviventes e enraizadas foi obtida com inventários às 12 semanas de todos os rebentos plantados. O enraizamento foi assim calculado através da percentagem de enraizamento e do nº de estacas enraizadas.

Resultados e discussão

Mortalidade dos pés-mãe

Após um ano de ensaio, a mortalidade dos pés-mãe na maioria dos clones e tratamentos encontra-se bastante baixa. Nos meses de verão registou-se um ligeiro aumento da mortalidade, apesar das análises laboratoriais trimestrais às amostras de substrato não evidenciarem alterações consideráveis de condutividade elétrica e pH, o que poderia ser expectável dado o aumento da evapotranspiração e eventual acumulação de sais. Salienta-se a mortalidade elevada do clone R2 desde o início do ensaio (inclusivamente antes das luzes serem ligadas em outubro 2019), sendo superior no tratamento controlo e com o maior aumento a partir de junho – julho 2020 (Fig. 3).

O clone R2 não foi especialmente afetado pelas doenças mais comuns do Viveiro (oídio, cochonilha, podridões, etc.), e quando necessário, os tratamentos fitossanitários foram aplicados a todos os clones e tratamentos do ensaio. Depreende-se assim uma maior sensibilidade deste clone às condições de produção dos Viveiros do Furadouro.



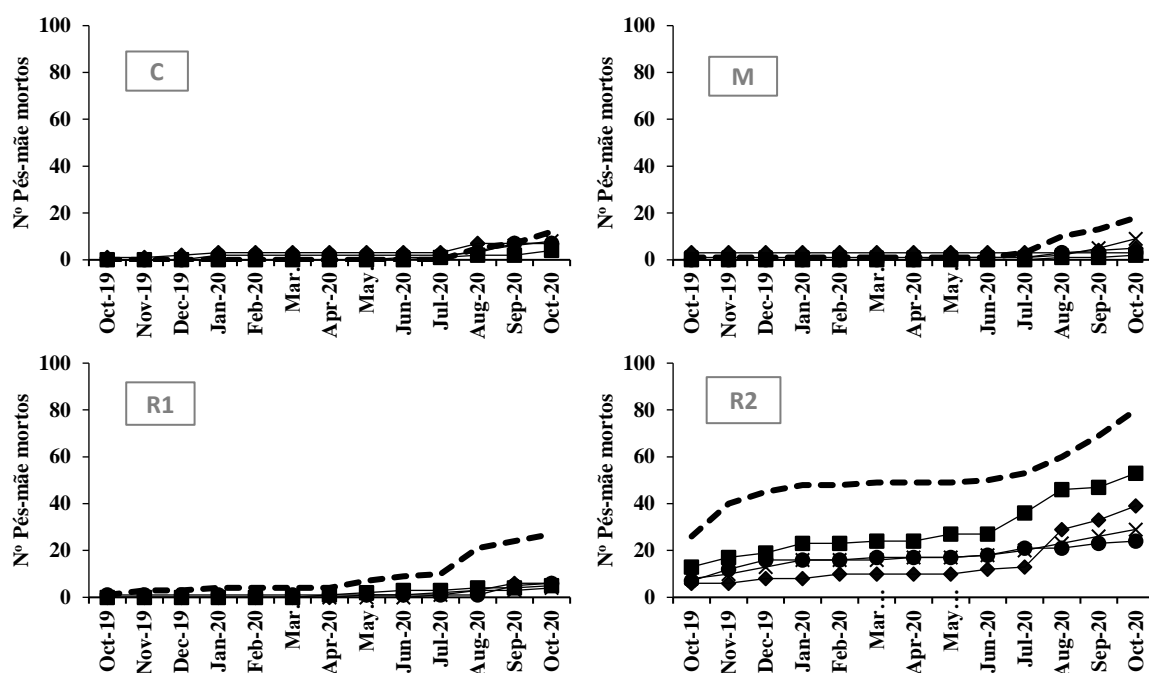


Figura 3. Variação no número de pés-mãe do clone R2 mortos de outubro 2019 a outubro 2020 nos cinco tratamentos do ensaio.

Produção de rebentos

No período entre outubro 2019 e outubro 2020, foram produzidos neste ensaio um total de 263 484 rebentos. A produção acumulada (Fig. 4), foi em todos os clones superior nos tratamentos com luz adicional face ao controlo. Verificou-se alguma variação na resposta entre clones, não sendo comum a todos o efeito superior de um determinado tipo de luz. No entanto, podem destacar-se as luzes AP67 e NS12, que conduziram aos melhores resultados gerais de produtividade por unidade de área. Durante o período analisado, os clones A e B foram os mais produtivos, enquanto o M foi o que teve o menor registo de rebentos colhidos m² em todos os tratamentos.

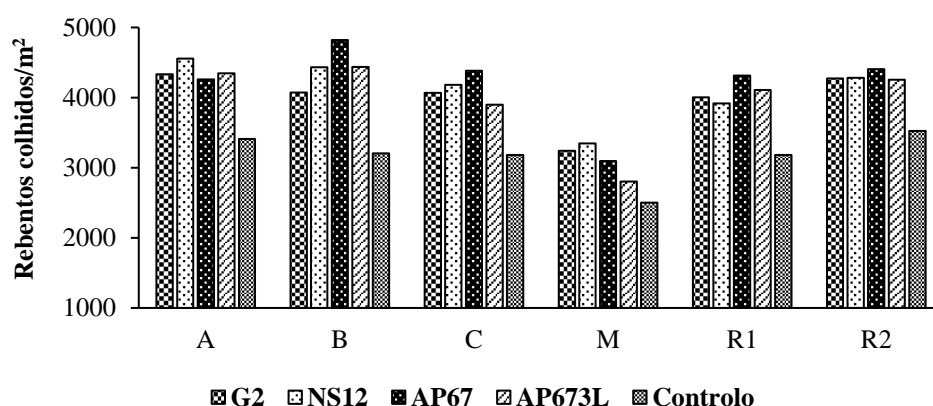


Figura 4. Número de rebentos colhidos e plantados por m2 acumulados de outubro 2019 a outubro 2020 nos seis clones e cinco tratamentos do ensaio.

Cálculo: $\text{Produção/m}^2 = \sum \text{Rebentos colhidos e plantados} / \text{Área inicial útil de pés-mãe}$

No interior da estufa, os meses de primavera/verão (abril – setembro 2020) corresponderam aos valores de DLI (Daily Light Integral, mol m⁻² dia⁻¹) mais elevados (Fig. 5). É notória a diminuição do DLI no inverno, inclusivamente nos tratamentos com luz adicional. É interessante acompanhar a evolução do sistema ao longo do ensaio.

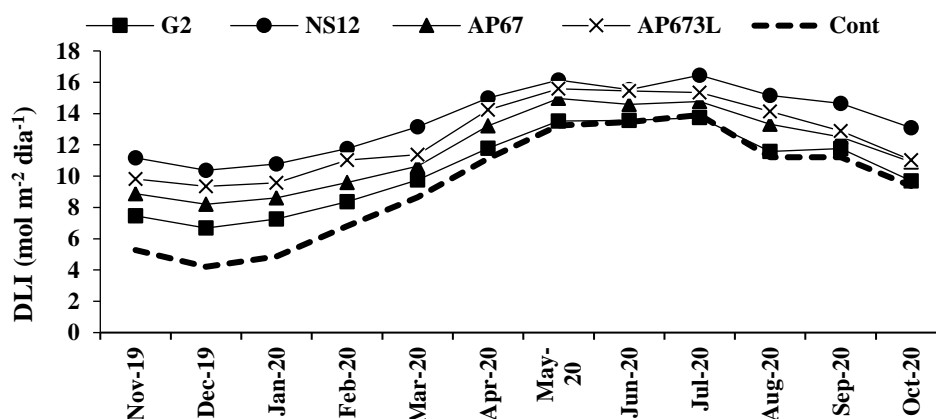


Figura 5. Variação mensal do DLI (Daily Light Integral, mol m⁻² dia⁻¹) entre novembro 2019 e outubro 2020 no interior da estufa de pés-mãe dos Viveiros do Furadouro. Os valores representam a média mensal entre as duas ladybirds por tratamento. Os erros de registo foram eliminados.

Também as colheitas com maior número de rebentos colhidos corresponderam a meses de verão (Fig. 6), evidenciando uma maior acumulação de biomassa neste período. Esta situação coincide com o período em que se registou o DLI mais elevado no interior da estufa. A análise da produção mensal, além de validar a menor produtividade dos clones no tratamento controlo, sobretudo no inverno, também permitiu verificar que no verão o efeito da luz suplementar é menos relevante para a produtividade, com pouca diferenciação entre tratamentos com e sem luz.

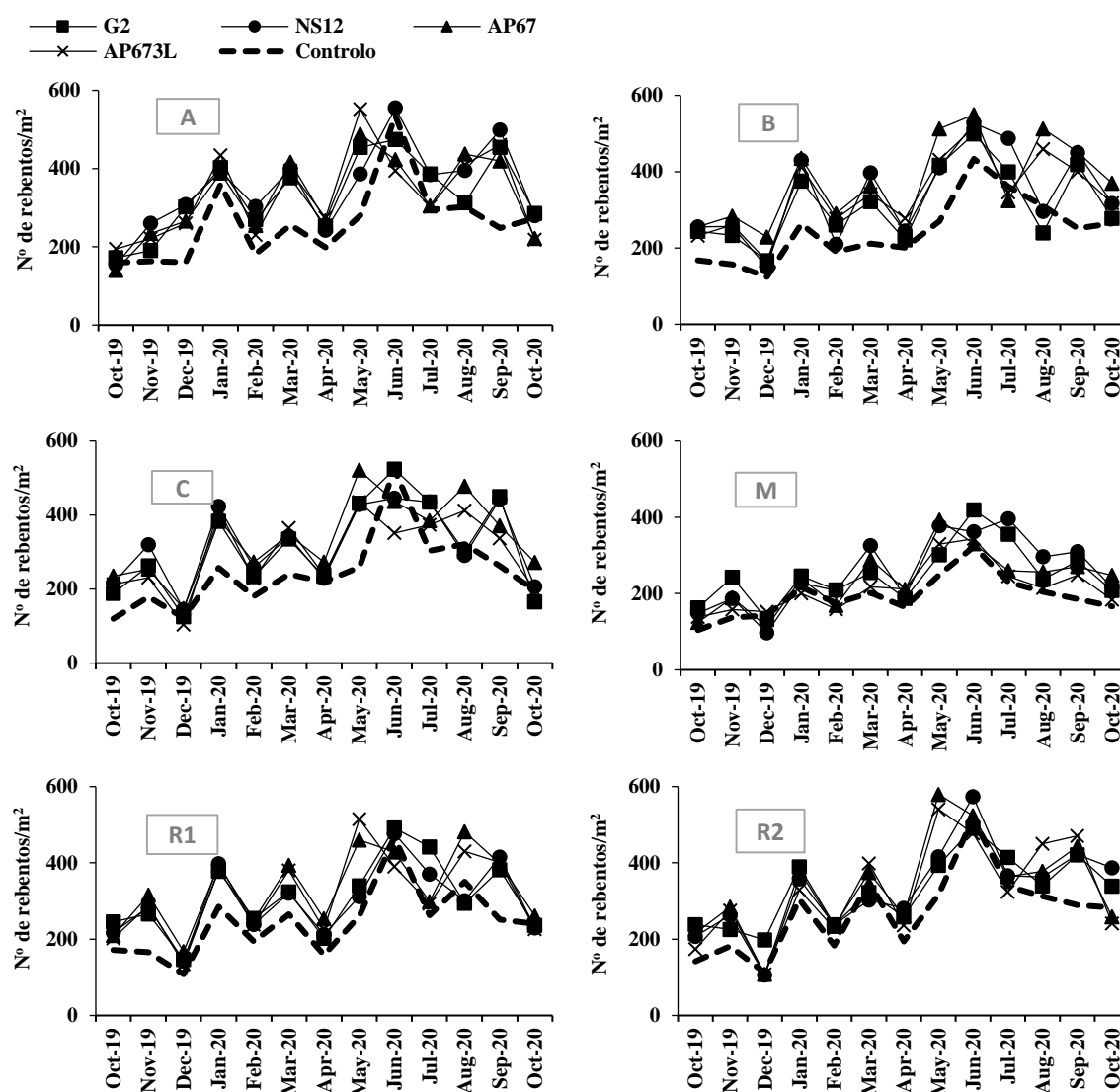
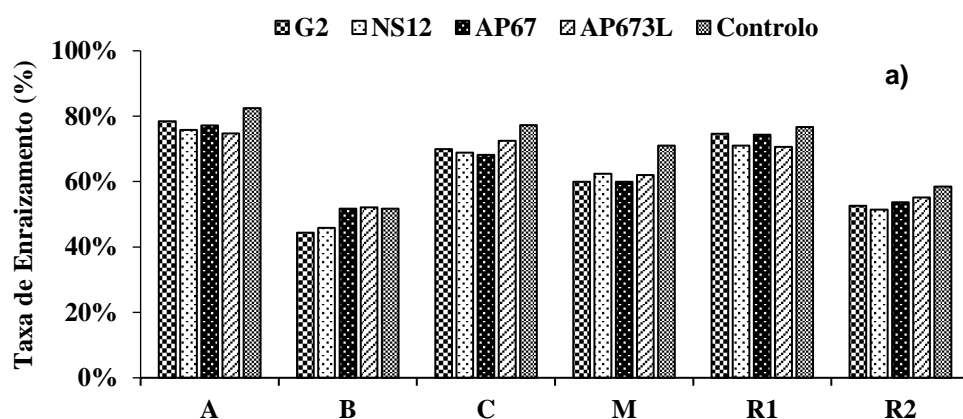


Figura 6. Variação do número de rebentos plantados por m² nas várias colheitas realizadas de outubro 2019 a outubro 2020, por clone e tratamento.

Estes resultados indicam que para maximizar a produtividade sobretudo no inverno, seria útil a implementação de um sistema de iluminação que mantivesse valores de DLI mais estáveis durante todo o ano.

Enraizamento das estacas

A taxa de enraizamento do total de estacas colhidas no período de outubro 2019 a outubro 2020, pode ser analisada na Fig. 7.a. Apesar de pouco variável entre tratamentos para um mesmo clone, a percentagem de rebentos enraizados foi tendencialmente superior no controlo em todos os clones – exceto no B. Este resultado demonstra que sem influência de luz adicional, apesar de menos produtivos, os pés-mãe emitiram rebentos mais eficientes no desenvolvimento de raízes. Sendo o B, M e R2 três clones com elevada recalcitrância ao enraizamento, destaca-se o enraizamento do clone M, a variar entre uma gama satisfatória: entre 60 – 71% (mín: G2&AP67 - máx: Controlo). Por sua vez, a taxa de rebentos enraizados dos clones B e R2 foi das mais baixas, variando no B apenas entre 44 – 52% (G2 - AP673L), e entre 51 – 58% (NS12 - Controlo) no R2. Por sua vez, o clone A teve a melhor taxa de enraizamento geral, com variação entre 75 – 82% (AP673L - controlo). Nos restantes, C e R1, registou-se um enraizamento entre 68 – 77% (AP67 - Controlo) no primeiro e 71 – 77% (AP673L - Controlo) no segundo.



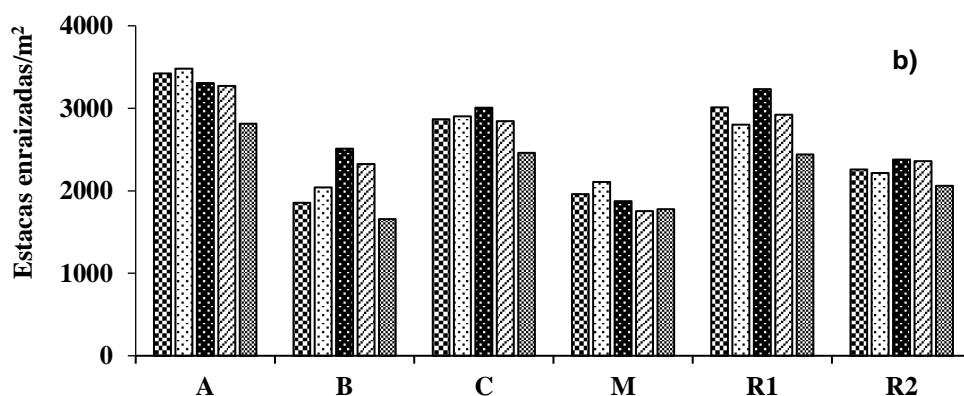


Figura 7. Dados de enraizamento do total de rebentos colhidos de outubro 2019 a outubro 2020 com base no cálculo:

- a) Taxa de enraizamento (%) = $\frac{\sum \text{rebentos enraizados às 12 semanas}}{\sum \text{rebentos colhidos}}$
b) Nº de estacas enraizadas por m² ($\frac{\sum \text{rebentos enraizados}}{\text{Área inicial útil de pés-mãe}}$)

Pela análise da quantidade de estacas enraizadas (Fig. 7.b), verifica-se melhores resultados sob o efeito das luzes. Este efeito resulta de um maior número de rebentos produzidos por unidade de área nos tratamentos com luz. Este aumento compensa a diminuição da taxa de enraizamento. Na Tabela 1 pode ser comparado com mais detalhe o número de rebentos colhidos e enraizados por m² entre clones e tratamentos. Destacam-se novamente as luzes AP67 e NS12, com um aumento percentual considerável face ao controlo em termos de estacas produzidas e enraizadas. O efeito benéfico da luz AP67 foi inclusivamente evidente nos clones recalcitrantes B e R2, com aumentos face ao controlo de +51% e +15%, respetivamente, no nº de estacas enraizadas/m². Por sua vez, o M foi favorecido pela luz NS12 (+19%). Apesar dos resultados aceitáveis no controlo, também nos clones A, C e R1, se registou um incremento percentual de estacas enraizadas/m² com estas luzes. A confirmarem-se estas tendências, é evidente ser necessário ajustar o sistema de produção de forma a capturar o aumento da produtividade e, simultaneamente, a taxa de enraizamento.

Tabela 1. Variação percentual (%) da produção de estacas (P/m²) e estacas enraizadas (E/m²) por m² em relação ao controlo (acumulado de outubro 2019 a outubro 2020).

	A		B		C		M		R1		R2	
Tratam	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²	P/m ²	E/m ²
G2	+27%	+22%	+27%	+12%	+28%	+16%	+30%	+10%	+26%	+23%	+21%	+9%
NS12	+34%	+24%	+38%	+23%	+31%	+18%	+34%	+19%	+23%	+15%	+22%	+7%
AP67	+25%	+17%	+50%	+51%	+38%	+22%	+24%	+6%	+36%	+33%	+25%	+15%
AP673L	+27%	+16%	+38%	+40%	+23%	+16%	+12%	-1%	+29%	+20%	+21%	+14%
Controlo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

O trabalho efetuado permite inferir que a iluminação artificial impactou negativamente na taxa de enraizamento dos rebentos, apesar do maior número de estacas produzidas face ao controlo. Este facto evidencia a necessidade de ajustar o sistema produtivo que permita aumentar a taxa de enraizamento nos tratamentos com luz suplementar. Além disso, na sequência deste trabalho será necessário avaliar os custos e benefícios gerados pela utilização de luz suplementar de forma a que se possa decidir sobre o interesse e viabilidade da sua utilização no sistema de produção operacional.

2- Tipo de substrato para pés-mãe de *E. globulus*

Num sistema de produção clonal de *Eucalyptus globulus* admite-se que o estado nutricional e hídrico dos pés-mãe é determinante para o sucesso do enraizamento das estacas que estes originam. Um sistema radicular bem desenvolvido e funcional irá permitir à planta a absorção de água e nutrientes e, consequentemente, influenciar a quantidade e qualidade dos rebentos produzidos.

A escolha do tipo de substrato para o sistema de produção tem também um papel fundamental, devendo assegurar a ancoragem e a retenção de água, oxigénio e nutrientes em quantidades suficientes para manter o bom desempenho das plantas (Ansorena-Miner, 1994; Guerrini & Trigueiro, 2004; Louro & Reis, 2020). Com a existência de vários tipos de substratos comerciais, com diferentes propriedades físico-químicas, deve ter-se em consideração a adaptabilidade deste à espécie em causa, sendo frequente a mistura ou combinação de compostos que formem um substrato alternativo mais indicado.

Dada a necessidade de se ajustar os regimes de rega e fertilização à natureza de cada substrato (Papadopoulos et al., 2008), é expectável que os pés-mãe apresentem respostas diferentes em termos de produtividade e enraizamento das estacas produzidas, em função do tipo de substrato utilizado e da sua gestão. O procedimento em vigor nos Viveiros do Furadouro para nutrição e rega tem vindo a sofrer adaptação ao novo substrato embora tenha sido ajustado para um sistema com substrato unicamente de perlite. No parque de pés-mãe dos VF encontra-se em uso o substrato misto de perlite e zeolite, com produção e taxas de enraizamento de estacas superiores aos registados no passado, com perlite. No entanto, uma vez que a opção da sua utilização é recente, é pertinente compará-lo com outros tipos de substrato. Assim, pretendeu-se investigar o comportamento dos pés-mãe quando instalados em diferentes tipos de substratos comerciais, de acordo com o número de rebentos produzidos, enraizados, mortalidade de pés-mãe e observação de diferenças no sistema radicular. Este estudo permitirá também validar a opção de utilizar substrato misto de perlite e zeolite no sistema de propagação vegetativa dos Viveiros do Furadouro. Realizado no âmbito do projeto iPLANT este ensaio decorreu entre janeiro a outubro 2020.

Material é métodos

Foram instalados 10 tratamentos na estufa de desenvolvimento da Altri Florestal, com substratos comerciais puros ou em mistura, nomeadamente: perlite, perlite de granulometria fina, zeolite, fibra de coco e areia. Os tratamentos específicos podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 2. Identificação dos tratamentos e respetivos substratos, puros ou mistos.

ID	Tipos de substrato
P	Perlite (100%)
Z	Zeolite (100%)
Cont	Perlite (50%) + Zeolite (50%) – Perlite no topo
Z+P	Zeolite (50%) + Perlite (50%) – Zeolite no topo
Pf	Perlite fina (100%)
P+C	Perlite (50%) + fibra de coco (50%) – mistura

Z+C	Zeolite (50%) + fibra de coco (50%) – mistura
A	Areia (100%)
Z+A	Zeolite (50%) + Areia (50%) – mistura
C+A	Fibra de coco (50%) + Areia (50%) – mistura

Em outubro 2019, foram plantados em cada tratamento 394 pés-mãe de um clone *E. globulus*, num total de 3940 pés-mãe com densidade de 10 x 5 cm. Deste número foram delimitados 100 pés-mãe numa zona específica a partir da qual se realiza ocasionalmente amostragem destrutiva para a avaliação visual e registo fotográfico do sistema radicular dos pé-mãe, tendo a primeira amostragem ocorrido em junho 2020. Os rebentos provenientes da zona delimitada não foram considerados para este estudo.

Os tratamentos foram emparelhados duplamente nas bancadas, com controlo único do sistema de fertirrigação, da solução nutritiva e dos ajustes por bancada:

- **Bancada 1:** P e Z
- **Bancada 2:** Cont e Z+P
- **Bancada 3:** Pf e A
- **Bancada 4:** P+C e Z+C
- **Bancada 5:** Z+A e C+A

A gestão dos pés-mãe foi realizada com a climatização por abertura e fecho de janelas e utilização de tinta de sombreamento no verão. A periodicidade da fertirrega ocorreu em função de um objetivo diário de drenagem (20-25%) e da avaliação diária da condutividade elétrica e do pH das soluções de rega e drenada – estabelecido para o sistema de produção tradicional dos VF e ajustado para pés-mãe plantados em perlite.

As condições ambientais ao nível das plantas foram monitorizadas 24h, com a instalação de 1 ladybird (TerraPrima) por tratamento (dados não incluídos neste relatório). Aplicou-se tratamento fitossanitário químico quando necessário nos pés-mãe, eliminando-se as plantas mortas (sem reposição). Trimestralmente, realizaram-se colheitas de amostras de substrato para determinação da condutividade elétrica e pH de forma a monitorizar a salinidade do substrato. As colheitas foram realizadas por substrato em três sub-amostras ao longo da bancada, e a duas profundidades, para amostragem do topo (0-6 cm) e da base (6-12 cm). Com a incorporação das sub-amostras numa amostra composta por tratamento e

profundidade, a determinação da condutividade elétrica e pH foi realizada em extrato aquoso de 1:5 em volume, com água destilada.

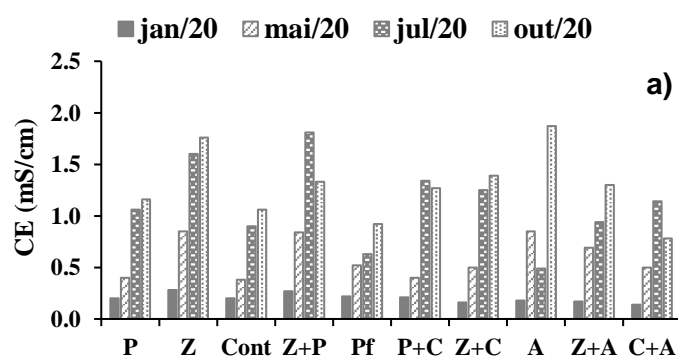
A seleção e colheita de rebentos ocorreu pela técnica regular de miniestacaria do viveiro, com a preparação de estacas entre 4 a 8 cm de comprimento, dois pares de folhas seccionadas e com eliminação do ápice. Após a colheita e anteriormente à plantação dos rebentos, foi aplicada hormona de enraizamento em pó na base do caule.

Todos os rebentos colhidos por clone e tratamento nos vários ciclos de colheita de janeiro a outubro 2020 foram considerados para a análise da produtividade, com os dados acumulados para este período. Os inventários de estacas sobreviventes e enraizadas foram realizados às 12 semanas em todos os rebentos plantados. Por sua vez, o enraizamento foi calculado através da taxa de enraizamento (%) (\sum rebentos enraizados às 12 semanas/ \sum rebentos colhidos).

Resultados e discussão

Análises aos substratos e observação do sistema radicular

Pelas análises de condutividade elétrica (CE) e pH realizadas às amostras de substrato, verificou-se um comportamento idêntico nos vários substratos, na base e no topo. No entanto, registou-se em alguns substratos um aumento da CE de julho para outubro, sobretudo no substrato A (Fig. 8). Este facto possivelmente deve-se ao aumento da evapotranspiração nos meses de verão, o que poderá conduzir a maior acumulação de sais no substrato. O pH manteve-se estável entre as várias análises realizadas (Fig. 9).



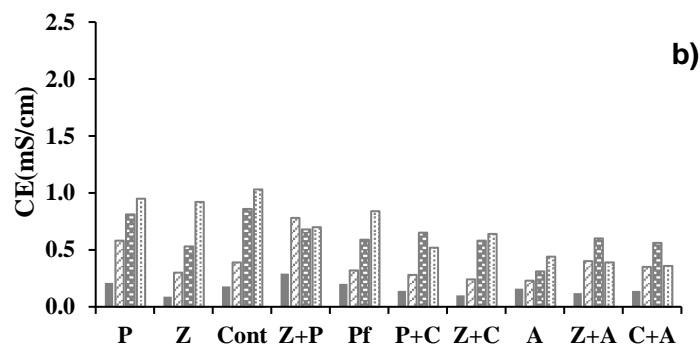


Figura 8. Valores de condutividade elétrica (mS/cm) registrados nas análises trimestrais às amostras colhidas por tratamento: a) do topo; b) da base do substrato.

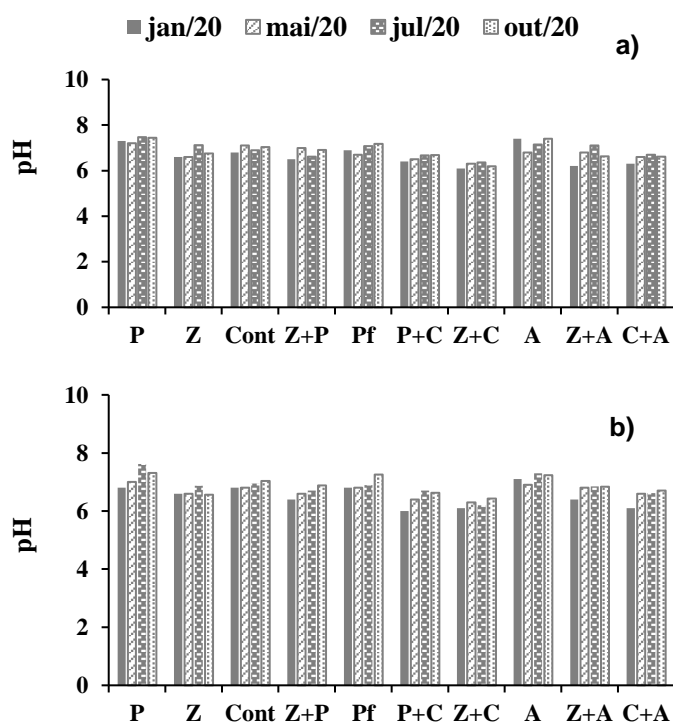


Figura 9. Valores de pH registrados nas análises trimestrais às amostras colhidas por tratamento: a) do topo; b) da base do substrato.

Com a amostragem destrutiva de pés-mãe na zona delimitada para o efeito, observaram-se poucas diferenças nos sistemas radiculares entre tratamentos (Fig.10). Apesar da baixa densidade, verificou-se a presença de raízes finas a envolver o torrão e de raízes mais compridas emaranhadas nos torrões contíguos e ao longo da bancada (Fig. 11). Aquando da avaliação dos sistemas radiculares, os diferentes substratos evidenciavam diferentes graus de hidratação. Foi possível notar que os substratos com areia e fibra de coco se encontravam mais húmidos que os de zeolite e perlite, sobretudo o tratamento de areia (A), com excesso

evidente de água. Contrariamente, o substrato zeolite (Z) encontrava-se mais seco que os restantes, facto inclusivamente notado nos torrões removidos deste tratamento. Apesar dos sistemas emparelhados com um controlo dos objetivos diários de drenados e CE, o comportamento da CE, sobretudo nas amostras superficiais, e os sinais de secura nalguns substratos indicam a necessidade de estabelecer este tipo de objetivos para cada situação de forma a evitar a acumulação de sais e possível perda de produtividade nos diferentes sistemas de produção.

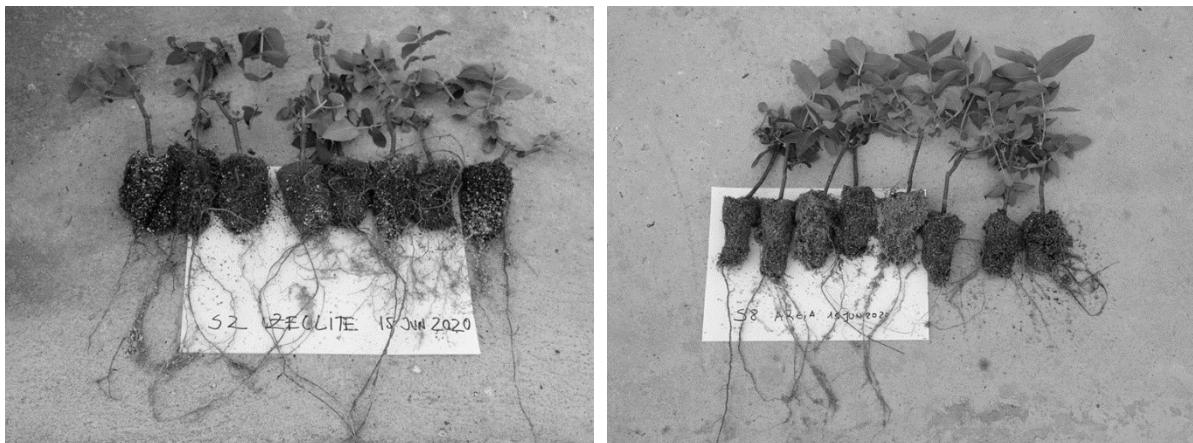


Figura 10. Observação e registo fotográfico do sistema radicular entre dos pés-mãe removidos dos substratos de zeolite (Z) e areia (A).



Figura 11. Amostragem destrutiva dos pés-mãe removidos do substratos de zeolite (Z). Observaram-se diversas raízes compridas a perfurar a rede de sustentação do substrato que se desenvolveram ao longo da bancada.

Mortalidade dos pés-mãe

Verificou-se o aumento da mortalidade dos pés-mãe a partir dos meses de verão, sobretudo no tratamento A, com 96 dos pés-mãe mortos (33% de mortalidade) (Tabela 2). Dado que o clone neste tratamento não foi particularmente afetado em termos fitossanitários, presume-se que as principais causas da crescente mortalidade de pés-mãe neste substrato sejam a acumulação de água – observada no momento da amostragem destrutiva –, ou a incapacidade de arejamento das raízes. Apesar da humidade, o efeito do aumento de salinidade neste substrato poderá também ter contribuído para um acréscimo na mortalidade nos meses de verão.

Apesar de bastante abaixo do A, também no caso dos tratamentos com mistura de coco se registou maior incidência de mortalidade de pés-mãe. Esta situação verificou-se mesmo que os valores de CE não se encontrassem particularmente elevados nestes substratos.

No final de 2020 optou-se por diminuir a frequência da fertirrega nas bancadas com substratos de areia e fibra de coco, no sentido de diminuir a humidade nestes substratos e tentar aplanar nos meses seguintes a curva de mortalidade. Por sua vez, para garantir as necessidades hídricas dos pés-mãe no substrato Z, a frequência da fertirrega foi aumentada na bancada da zeolite e perlite.

Tabela 3. Número de pés-mãe mortos acumulados de janeiro a outubro 2020.

Tratamento	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20
P	1	4	5	5	6	7	9	13	14	27
Z	0	0	1	2	3	3	4	6	8	14
Cont	2	2	4	4	6	8	10	20	24	30
Z+P	1	1	3	3	3	3	5	7	8	16
Pf	2	2	4	5	7	10	19	29	38	49
P+C	0	1	1	3	4	9	12	28	44	57
Z+C	0	0	2	3	7	15	22	42	48	58
A	2	2	7	12	19	28	43	61	77	96
Z+A	1	2	7	18	19	22	23	28	34	53
C+A	0	0	0	1	3	11	15	30	50	65

O substrato zeolite (Z) tem uma resposta muito idêntica à zeolite+perlite (Z+P), com o menor número de pés-mãe mortos (14 e 16 pés-mãe, respetivamente). Verifica-se que mesmo a

perlite (P) e o controle (Cont) têm praticamente o dobro dos pés-mãe mortos (27 e 30 pés-mãe) em relação a Z e Z+P, apesar de com valores consideravelmente inferiores aos outros tratamentos.

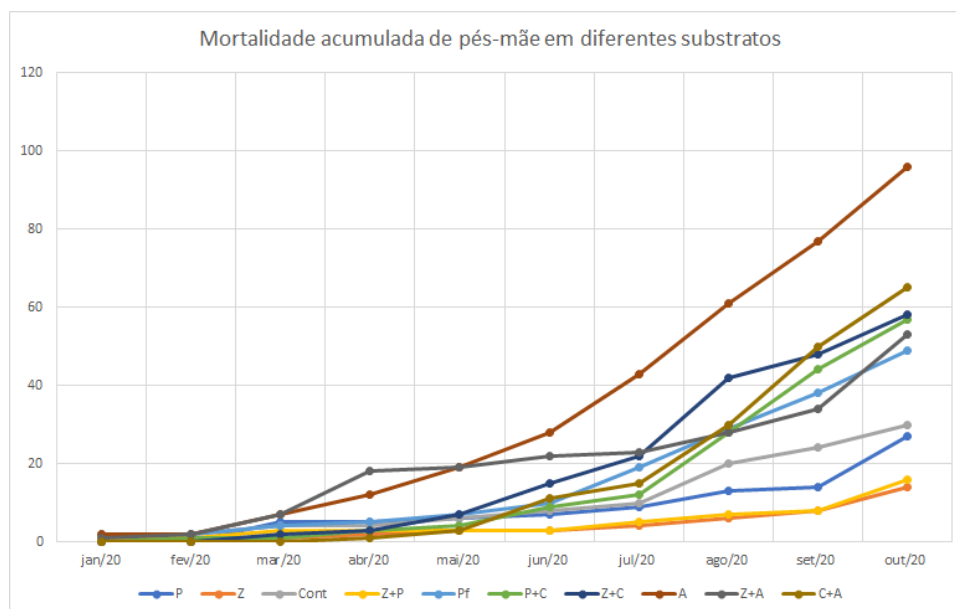


Figura 12. Mortalidade acumulada dos pés-mãe em diferentes substratos.

Produção de rebentos

Pela análise do número total de rebentos colhidos entre janeiro e outubro 2020 na Fig. 13, distingue-se alguma variação, com os tratamentos compostos pelos substratos de perlite e zeolite (P, Z, Cont e Z+P) a evidenciarem melhores resultados em relação às misturas com perlite fina, fibra de coco e areia (Pf, P+C, Z+C, A, Z+A, C+A). Destaca-se sobretudo o tratamento de perlite (P), com o maior número de rebentos plantados. Obteve-se a pior produtividade na mistura de coco+areia (C+A), registrando-se, inclusivamente, os três piores resultados nos substratos mistos com fibra de coco, onde também se verificou bastante humidade. Face ao exposto, deve ter-se alguma cautela na análise dos resultados, e ter-se em consideração que, por opção experimental, o sistema de gestão de rega e fertilização utilizado nos pés-mãe seguiu o regime descrito para a sua plantação em perlite, e habitualmente usado nos VF, o que pode encobrir em parte o potencial dos outros substratos.

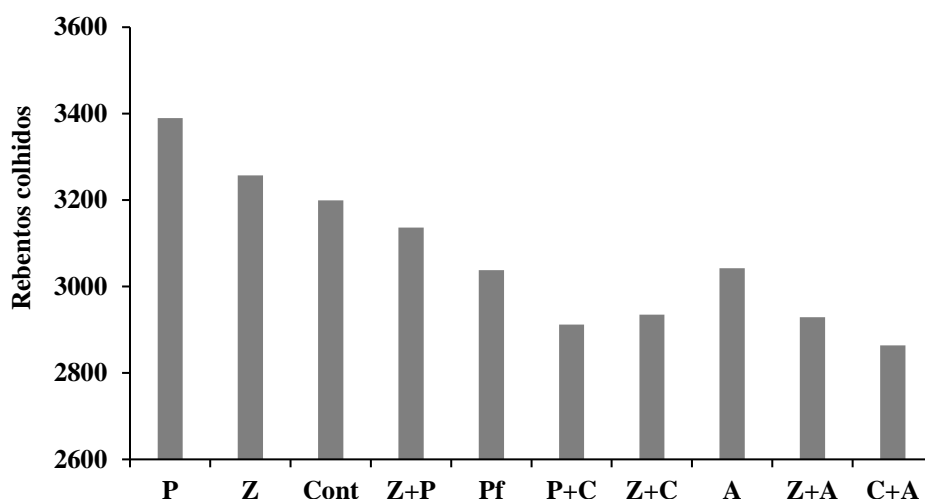


Figura 13. Número de rebentos colhidos acumulados de janeiro a outubro 2020.

Para além do mais é necessário o acompanhamento deste ensaio uma vez que a mortalidade dos pés-mãe poderá vir a alterar substancialmente esta situação.

Enraizamento das estacas

Quando considerado no período entre janeiro e outubro 2020 o número total de estacas enraizadas em relação às colhidas – taxa de enraizamento (Fig. 14) –, a variação entre tratamentos é bastante baixa, apesar da tendência ligeiramente superior para melhores resultados no substrato zeolite (Z), com 79% das estacas enraizadas. Num patamar inferior, identificaram-se novamente substratos compostos por fibra de coco, nomeadamente o coco+areia (C+A) e perlite+coco (P+C), com 68 e 74% dos rebentos enraizados, respetivamente.

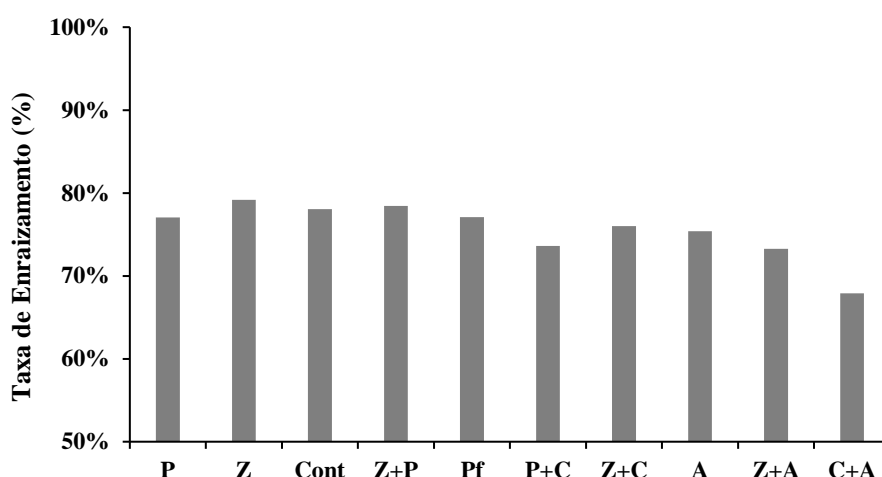


Figura 14. Taxa de enraizamento do total de rebentos colhidos de janeiro a outubro 2020, com base no cálculo: $Taxa\ de\ enraizamento\ (\%) = \frac{\sum\ rebentos\ enraizados\ às\ 12\ semanas}{\sum\ rebentos\ colhidos}$

Pode destacar-se que os substratos que incluem elementos orgânicos (fibra de coco) têm tido resultados inferiores aos substratos inorgânicos de perlite e zeolite. Para avaliar possíveis diferenças e justificar semelhanças e variações entre os cinco tipos de substrato em teste, prevê-se a realização de análises químicas mais detalhadas, com foco na determinação de micro e macronutrientes presentes nos drenados.

Os resultados da utilização de dez substratos diferentes mostram que é possível verificar uma resposta superior do clone E. globulus nos tratamentos compostos por perlite e zeolite, em termos do número total de rebentos colhidos e da respetiva taxa de enraizamento. Com um valor superior de produtividade no tratamento perlite (P), a zeolite (Z) por sua vez, evidenciou melhor taxa de enraizamento dos rebentos, refletindo uma maior eficiência no processo. Por sua vez, os piores resultados de produção e enraizamento foram identificados nos substratos com fibra de coco, sobretudo no coco+areia (C+A). Verifica-se assim que o substrato misto de perlite e zeolite (Controlo) utilizado nos Viveiros do Furadouro, mostra bom desempenho ao aliar os bons resultados de produtividade e enraizamento de ambos os substratos.

Relativamente ao desenvolvimento radicular dos pés-mãe, não foram observadas diferenças consideráveis, com uma densidade radicular semelhante entre tratamentos. A crescente e elevada mortalidade registada nos substratos de areia e coco (sobretudo no primeiro),

poderá estar relacionada com o excesso de água identificado no momento da realização da amostragem destrutiva dos pés-mãe. Assim, a diferente hidratação dos substratos observada levanta a questão da necessidade da existência de um melhor controlo do regime de fornecimento de água e nutrientes em função do tipo de substrato. A gestão desadequada da fertirrega em alguns substratos pode inclusivamente estar a prejudicar a resposta dos pés-mãe ao nível de produtividade de rebentos e da sua capacidade de enraizamento.

3- Passagem à escala operacional

Nas seções anteriores avaliou-se tecnicamente, em escala piloto, o impacto de usar luz suplementar e de considerar substratos alternativos. No entanto os resultados de uma análise técnica são apenas um dos aspetos para avaliar o interesse de passar à escala de produção as opções testadas. Desta forma nesta seção, pretende-se avaliar sobre o interesse da utilização de luz suplementar e do tipo de substrato em escala operacional.

Utilização de luz suplementar em escala operacional

Com o objetivo de obter algumas conclusões sobre a viabilidade económica da utilização de luz adicional numa escala operacional no parque de pés-mãe dos VF, foram considerados os 6 clones incluídos no projeto iPLANT (A, B, C, M, R1 e R2) e analisadas as produtividades por pé-mãe e as percentagens de enraizamento ao longo de 18 meses – janeiro 2020 a junho 2021.

Os clones R1 e R2 não são produzidos nos VF, sendo propriedade do RAIZ.

Os 6 tratamentos analisados foram os seguintes:

- 4 tratamentos com luz adicional, que englobam 4 espetros: AP67, AP673L, G2 e NS12;
- 2 tratamentos sem luz adicional: controlo, com substrato igual aos tratamentos com luz – 50% perlite e 50% zeolite (EC+SC) e substrato 100% perlite.

Não foi considerado o tratamento sem luz em que o substrato é 100% zeolite por ser inviável a sua utilização na atual estrutura física das bancadas dos VF, já que o seu peso excede o peso máximo que as bancadas suportam. Para além disso, os resultados não foram suficientemente interessantes.

Os custos unitários de produção foram calculados tendo por base a folha de cálculo utilizada normalmente para obtenção dos custos das estacas produzidas nos VF.

Nestes cálculos estão incluídos os custos das matérias primas (substratos e agroquímicos), do combustível para aquecimento e da eletricidade. São também contemplados os custos com mão de obra operacional direta. Os custos associados ao normal funcionamento das instalações, amortizações, salários técnicos, administrativos e de manutenção e despesas operacionais diversas, são imputados com base numa percentagem dos valores orçamentados para a totalidade das operações.

Finalmente, no cálculo dos custos de produção das estacas com adição de luz suplementar foram incluídos os investimentos com a aquisição e instalação dos diferentes espetros e o respetivo consumo adicional:

- Valor da amortização anual das lâmpadas para cada um dos espetros, assumindo uma duração média de 50.000 horas, o que corresponde a cerca de 8,5 anos, com utilização diária de 16 horas.
- Acréscimo anual do consumo de eletricidade, para cada um dos espetros.

Custo das lâmpadas e da instalação (NS1 é substituído por NS12 e G2 por Solray 385):

Espetro	Unidades	Valor total	Instalação €	Valor anual
NS1 / NS12	170	221.000,00	40.000,00	30.000,00
AP673L	170	193.000,00	40.000,00	27.000,00
AP67	170	193.000,00	40.000,00	27.000,00
G2 / Solray 385	102	103.000,00	40.000,00	16.000,00

Acréscimo no consumo de eletricidade:

Espetro	Valor anual
NS1 / NS12	72.000,00
AP673L	52.000,00
AP67	52.000,00
G2 / Solray 385	32.000,00

De salientar ainda que o total de estacas enraizadas (rebentos x percentagem de enraizamento) é superior à quantidade disponível para plantação aqui apresentada. Ou seja, na quantidade total anual de estacas disponíveis para plantação, excluem-se as estacas que serão necessárias para renovação do parque. Do total de 150.000 pés-mãe, considera-se a renovação anual de 25% do parque de pés-mãe, ou seja 37.500 estacas e as perdas ao longo do processo de produção que se estimam em cerca de 10% das estacas enraizadas. O custo unitário refere-se a uma planta disponível para plantação.

Para o cálculo do custo unitário considerou-se que todo o parque de pés-mãe, 150 mil, são todos do mesmo clone e estão sobre o mesmo tipo de luz. Os resultados das produtividades e enraizamentos apresentados foram os obtidos nos ensaios iPLANT entre janeiro de 2020 e junho 2021 (18 meses). Para os cálculos dos custos de energia foram utilizados os valores correntes (outubro 2021) cobrados aos Viveiros do Furadouro.

Neste contexto, os valores encontrados são os seguintes, clone a clone:

Clone A						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
Previsão 2022 Operacional	--	1.228	80%	982	1.553.988	0,312 €
iPLANT	AP67	1.812	79%	1.431	2.281.498	0,301 €
iPLANT	AP673L	1.827	77%	1.407	2.241.500	0,308 €
iPLANT	G2 / Solray 385	1.815	80%	1.452	2.314.740	0,284 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.924	79%	1.520	2.424.835	0,302 €
iPLANT	Perlite	1.393	79%	1.100	1.745.261	0,295 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.493	84%	1.254	1.994.174	0,271 €

Clone B						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
iPLANT	AP67	1.947	57%	1.110	1.760.360	0,406 €
iPLANT	AP673L	1.797	59%	1.060	1.680.073	0,407 €
iPLANT	G2 / Solray 385	1.694	54%	915	1.444.411	0,437 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.825	56%	1.022	1.618.140	0,416 €
iPLANT	Perlite	1.397	52%	726	1.139.333	0,453 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.384	58%	803	1.262.906	0,410 €

Clone C						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
iPLANT	AP67	1.787	70%	1.251	1.988.958	0,342 €
iPLANT	AP673L	1.598	75%	1.199	1.904.070	0,343 €
iPLANT	G2 / Solray 385	1.665	72%	1.199	1.904.556	0,328 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.740	69%	1.201	1.907.472	0,364 €
iPLANT	Perlite	1.443	71%	1.025	1.622.239	0,324 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.433	80%	1.146	1.819.668	0,290 €

Clone M						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
iPLANT	AP67	1.327	63%	836	1.316.836	0,443 €
iPLANT	AP673L	1.124	65%	731	1.146.072	0,472 €
iPLANT	G2 / Solray 385	1.308	64%	837	1.318.634	0,417 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.414	66%	933	1.474.349	0,425 €
iPLANT	Perlite	1.153	71%	819	1.288.681	0,361 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.094	72%	788	1.238.542	0,369 €

Clone R1						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
iPLANT	AP67	1.727	75%	1.295	2.060.805	0,324 €
iPLANT	AP673L	1.632	73%	1.191	1.892.503	0,343 €
iPLANT	G2 / Solray 385	1.638	77%	1.261	2.005.741	0,326 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.627	73%	1.188	1.886.590	0,356 €
iPLANT	Perlite	1.353	76%	1.028	1.628.314	0,311 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.362	80%	1.090	1.727.652	0,297 €

Clone R2						
Descrição	Tratamento	Produtividade/1000 PM/mês	% enraizamento	Estacas enraizadas/1000 PM/mês	Total anual estacas disponíveis para plantação (150.000 PM)	Custo unit. produção
iPLANT	AP67	2.025	57%	1.154	1.832.385	0,399 €
iPLANT	AP673L	2.017	59%	1.190	1.890.349	0,386 €
iPLANT	G2 / Solray 385	2.083	57%	1.187	1.885.942	0,378 €
iPLANT	NS12 / NS1	1.980	57%	1.129	1.790.832	0,416 €
iPLANT	Perlite	1.644	48%	789	1.240.874	0,458 €
iPLANT	Perlite + Zeolite	1.814	60%	1.088	1.725.708	0,352 €

Principais considerações dos resultados obtidos:

- Os 6 clones apresentam diferentes comportamentos face aos espectros utilizados, não sendo possível eleger um único espectro para todos os clones. Analisando os resultados obtidos, os espectros NS12 e AP67 parecem ser os que evidenciam um maior sucesso com os clones ensaiados.
- A utilização de luz artificial não reduz o custo de produção, com exceção do clone B, mas aumenta a quantidade de estacas produzidas. No quadro seguinte comparam-se os melhores espectros para cada clone, em termos de quantidade de estacas produzidas e respetivos custos unitários de produção com a situação que se verifica sem adição de luz (tratamento sem luz e com o mesmo substrato, perlite+ zeolite).
- O espectro NS12 é o mais interessante para os clones A e M, com aumentos de produção de 21.6% e 19.0%, respetivamente. O B é o clone em que o aumento de produção é mais significativo, com a luz AP67: 39.4% relativamente à não adição de luz artificial.

CLONE	A	B	C	M	R1	R2
Melhor espectro	NS12	AP67	AP67	NS12	AP67	AP673L
# estacas enraizadas	2.424.835	1.760.360	1.988.958	1.474.349	2.060.805	1.890.349
Custo unitário produção	0,302 €	0,406 €	0,342 €	0,425 €	0,324 €	0,386 €
Controlo	A	B	C	M	R1	R2
# estacas enraizadas EC+SC	1.994.174	1.262.906	1.819.668	1.238.542	1.727.652	1.725.708
Custo unitário produção	0,271 €	0,410 €	0,290 €	0,369 €	0,297 €	0,352 €

MELHOR ESPETRO EC+SC	A	B	C	M	R1	R2
Aumento de quantidade estacas	430.661	497.453	169.290	235.807	333.153	164.641
Diferença custo unitário	0,031 €	-0,004 €	0,052 €	0,056 €	0,027 €	0,034 €
% aumento de quantidade de estacas	21,6%	39,4%	9,3%	19,0%	19,3%	9,5%
% diferença custo unitário	11,4%	-1,0%	17,9%	15,2%	9,1%	9,7%

- A instalação de espectros de luzes específicos para cada clone e dado o considerável investimento que implica, terá de ser analisada em função do “tempo de vida” de cada clone. No caso dos VF poderia ser interessante a utilização do espectro NS12 para

os clones A e M e do espectro AP67 para o B. Já o clone do RAIZ R1 beneficiaria da utilização da luz AP67, sendo menos evidente o interesse do espectro AP673L para o clone R2.

- A instalação de espectros de luzes para fornecer luz adicional não implica que seja necessário que esta seja instalada em toda a estufa de pés-mãe de produção operacional. Por exemplo, poderá considerar-se uma instalação parcial, considerando uma área da estufa onde se concentra a produção do clone B que é o clone que apresenta um maior ganho em termos de produção e em termos de custo unitário.

Tipo de substrato a utilizar em escala operacional

Os resultados do ensaio de substratos descrito confirmam o interesse da utilização de uma mistura com perlite e zeolite como substrato para pés-mãe de *E. globulus*. Os VF utilizaram por muitos anos a perlite como substrato. No entanto, um ensaio efetuado nestes viveiros, em escala piloto, com a utilização de zeolite como substrato mostrou trazer ganhos em termos do número de estacas enraizadas consistentemente ao longo de muitos ciclos produtivos. Face a questões técnicas das infraestruturas dos VF optou-se pela passagem da utilização de um substrato de perlite para um substrato de perlite e zeolite. Face aos resultados deste ensaio de substratos irá concretizar-se nos VF a transformação do substrato operacional para pés-mãe para perlite com zeolite. Esta transformação está a ser efetuada gradualmente à medida que é feita a renovação do parque de pés-mãe.

4- Produzir novos clones com novo protocolo

O ensaio com a utilização de luz suplementar já teve resultados positivos tanto com um clone novo da Altri Florestal e um clone novo do RAIZ. No entanto o mais importante a referir é que as melhorias que foram sendo introduzidas nos Viveiros do Furadouro ao longo do projeto iPLANT permitiram o aumento da taxa de enraizamento das estacas de *E. globulus* produzidas no sistema de produção geral do viveiro (ver Figura 15). Uma das melhorias introduzidas durante a realização deste projeto, iniciou-se através da realização das

avaliações das limitações do sistema atual para a clonagem de *E. globulus* e requisitos para o inovar (iPLANT - tarefa 1.2) e que resultou na alteração da solução nutritiva dos pés-mãe. Outra importante melhoria foi a alteração do sistema de rega, resultante das observações efetuadas no ensaio de substratos efetuado nos VF e que certamente impactou na melhoria da uniformidade da humectação do substrato, tornando mais eficiente quer a nutrição quer a redução de sais.

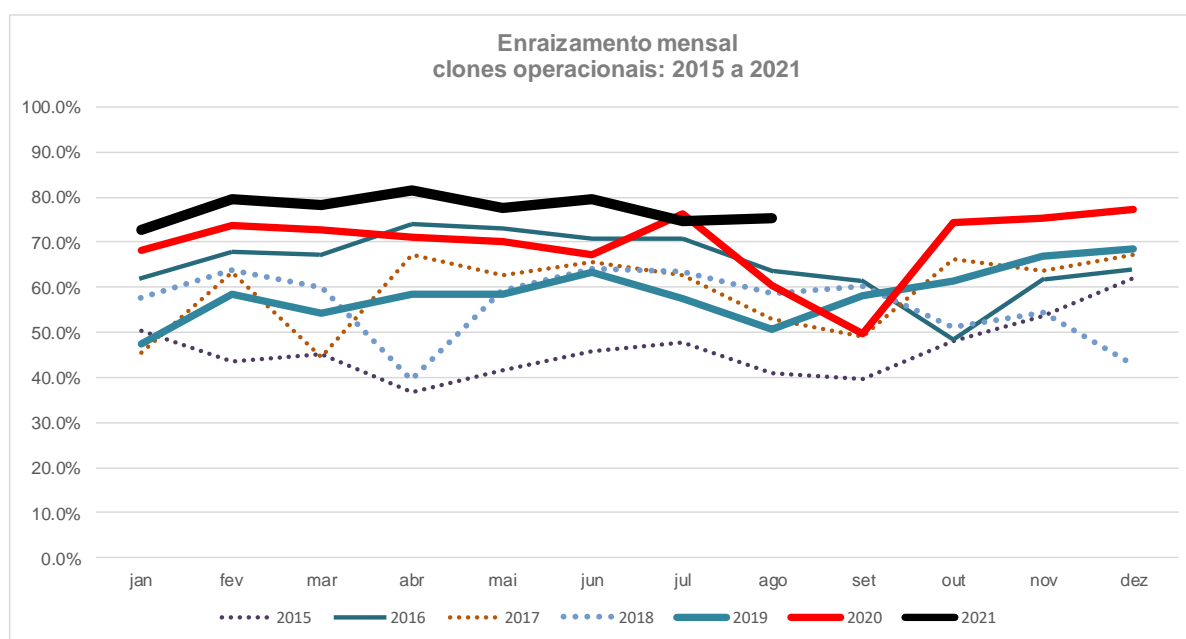


Figura 15. Dados do enraizamento operacional dos VF de 2015 a 2021

Estes resultados em si são muito importantes pela melhoria da eficiência produtiva do processo de clonagem gerando melhores resultados em termos de custos e permitindo, com as mesmas infraestruturas, disponibilizar mais plantas clonais que são as mais procuradas pelos clientes dos Viveiros do Furadouro. No entanto estes resultados são também muito importantes porque criam uma oportunidade de trazer para ambiente operacional novos clones que embora tenham características produtivas excelentes não tiveram anteriormente a capacidade de ser utilizados operacionalmente por estarem abaixo do limiar de enraizamento que os permite multiplicar em larga escala.

5- Conclusões

A avaliação dos resultados do novo sistema de miniestacaria em escala piloto centrou-se na promissora utilização de luz suplementar e no uso de diferentes tipos de substrato em pés-mãe de *E. globulus*. O principal objetivo foi avaliar as possibilidades de melhoria do processo de clonagem no seu conjunto, tanto na sua produtividade como na sua eficiência. Este trabalho demonstrou que o Projeto iPLANT permitiu conduzir melhorias no sistema de produção operacional nos VF. Destacam-se um conjunto de conclusões dos trabalhos efetuados:

- Os clones de *E. globulus* apresentam diferentes comportamentos face aos espectros utilizados na produção de plantas, não sendo possível eleger um único espectro para todos os clones. Analisando os resultados obtidos, os espectros NS12 e AP67 parecem ser os que evidenciam um maior sucesso com os clones ensaiados.
- O trabalho efetuado permite inferir que a iluminação artificial impactou negativamente na taxa de enraizamento dos rebentos, apesar do maior número de estacas produzidas face ao controlo. Este facto evidencia a necessidade de ajustar o sistema produtivo que permita aumentar a taxa de enraizamento nos tratamentos com luz suplementar.
- Os resultados da utilização de dez substratos diferentes mostram que é possível verificar uma resposta superior do clone *E. globulus* nos tratamentos compostos por perlite e zeolite, em termos do número total de rebentos colhidos e da respetiva taxa de enraizamento.
- A utilização de luz artificial não reduz o custo de produção, com exceção do clone B, mas aumenta a quantidade de estacas produzidas. O espectro NS12 é o mais interessante para os clones A e M, com aumentos de produção de 21.6% e 19.0%, respetivamente. O no clone B que o aumento de produção é mais significativo, com a luz AP67: 39.4% relativamente à não adição de luz artificial.
- A instalação de espectros de luzes para fornecer luz adicional não implica que seja necessário que esta seja instalada em toda a estufa de pés-mãe de produção operacional. Por exemplo, poderá considerar-se uma instalação parcial, considerando uma área da estufa onde se concentra a produção do clone B que é o

clone que apresenta um maior ganho em termos de produção e em termos de custo unitário.

- Durante a realização deste projeto, destacam-se na melhoria do sistema operacional na gestão dos pés-mãe de *E. globulus*: a utilização de um novo substrato constituído por perlite e zeolite; a alteração da solução nutritiva; e a alteração do sistema de rega. No seu conjunto as melhorias implementadas melhoram o desempenho operacional na produção de clones.
- As melhorias obtidas no processo de clonagem operacional dos VF com as implementações efetuadas durante o projeto iPLANT são muito importantes: (1) pela melhoria da eficiência produtiva do processo de clonagem gerando melhores resultados em termos de custos; (2) permitindo, com as mesmas infraestruturas, disponibilizar mais plantas clonais que são as mais procuradas pelos clientes dos VF; (3) abrindo a possibilidade de trazer para ambiente operacional novos clones que embora tenham características produtivas excelentes não tiveram anteriormente a capacidade de ser utilizados operacionalmente por estarem abaixo do limiar de enraizamento que os permite multiplicar em larga escala.

O projeto iPLANT identifica também aspetos que são interessantes estudar no futuro de onde se destaca o ajustamento da gestão nutricional no caso da utilização de luz suplementar de forma a se poder aumentar a eficiência deste sistema. Um grande desafio para o pós projeto iPLANT será o de garantir a sustentabilidade no tempo dos bons resultados alcançados durante o projeto.

7- Bibliografia

- Ansorena-Miner, J. (1994). *Sustratos: propiedades y caracterización*. Mundi Prensa Libros.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=162508>
- Fett-Neto, A. G., Fett, J. P., Veira Goulart, L. W., Pasquali, G., Termignoni, R. R., & Ferreira, A. G. (2001). Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, 21(7), 457–464.
<https://doi.org/10.1093/treephys/21.7.457>
- Fogaca, C. M., & Fett-Neto, A. G. (2005). Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 45(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1007/s10725-004-6547-7>
- Guerrini, I. A., & Trigueiro, R. M. (2004). Physical and chemical attributes of substrates composed of biosolids and carbonized rice chaff. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 28(6), 1069–1076.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600016>
- Louro, M., & Reis, M. (2020). *Manual de cultivo sem solo aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato* (Quântica editora). Agrobook. www.quanticaeditora.pt
- Papadopoulos, A. P., Bar-Tal, A., Silber, A., Saha, U. K., & Raviv, M. (2008). Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes. In *Soilless Culture: Theory and Practice* (pp. 505–543). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452975-6.50014-9>
- Reid, D. M., Beall, F. D., & Pharis, R. P. (1991). Environmental cues in plant growth and development. *Bidwell, R G S (Ed) Plant Physiology*, 57265–182.
<https://eurekamag.com/research/031/260/031260113.php>
- Ruedell, C. M., Almeida, M. R. de, Schwambach, J., Posenato, C. F., & Fett-Neto, A. G. (2013). Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance. *Plant Growth Regulation*, 69(3), 235–245. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9766-3>