

# rePLANT

**Trabalho realizado para definição de modelos de  
gestão da regeneração natural em áreas de pinheiro-  
bravo jovem**

**PPS 1. Atividade A1.2 | Deliverable extra E.1.2.0**

Versão n. 1 | jan 2021

Paula Soares<sup>1</sup>, David Almeida<sup>1</sup>, Teresa Fonseca<sup>2</sup>, José Luís Louzada<sup>2</sup>, André  
Sandim<sup>2</sup>, Nuno Calado<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ISA, <sup>2</sup>UTAD, <sup>3</sup>SONAE ARAUCO



[www.replant.pt](http://www.replant.pt)

*grounding collaborative strategies for integrated mngt of forests & fire*

## Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. OBJETIVO  | 1  |
| 2. METODOLOGIA   | 1  |
| 2.1. Seleção das áreas   | 1  |
| 2.2. Quantificação de biomassas  | 3  |
| 2.2.1. Povoamentos jovens com idade inferior a 8 anos                                  | 3  |
| 2.2.2. Povoamento com idade superior a 8 anos  | 5  |
| 2.3. Avaliação dos tempos de trabalho das máquinas nos métodos motomanuais e mecânicos | 6  |
| 2.4. Avaliação dos custos associados às modalidades de intervenção na gestão da RN     | 9  |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 11 |

---

**Os autores agradecem a participação ativa de Pedro Teixeira do Centro PINUS**

## 1. OBJETIVO

Este documento apresenta o trabalho desenvolvido com vista à definição do protocolo de campo para avaliação de modelos de gestão da regeneração natural (RN) em povoamentos de pinheiro-bravo jovens.

## 2. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo definiram-se as seguintes atividades:

- seleção das áreas, o que envolveu selecionar um grupo de peritos em gestão de pinheiro-bravo para responder a um inquérito e determinar a disponibilidade de áreas para se avaliarem modelos de aproveitamento da RN;
- avaliação, em áreas localizadas nas regiões Centro e Norte e representativas de diferentes tipologias de pinheiro-bravo obtido por regeneração natural: (a) da biomassa existente antes da operação de redução da densidade (1ª intervenção); (b) da biomassa removida na operação; (c) dos tempos de trabalho manual/motomanual/mecanizado durante a operação. A biomassa deve ser reportada por unidade de área (hectare).

### 2.1. Seleção das áreas

Para fazer o levantamento de áreas de RN ainda não intervencionadas e disponíveis para serem integradas no projeto, os parceiros envolvidos nesta Tarefa identificaram um conjunto potencial de técnicos, que designaram por “Bolsa de Peritos”, com experiência na gestão de áreas de pinheiro-bravo (Quadro 1). Estes peritos foram convidados a responder a um inquérito que pretendia identificar e caracterizar áreas que iriam ser intervencionadas em 2021 e que cobrissem várias tipologias de RN (Quadro 2). O inquérito foi feito com recurso à ferramenta Google Forms.

**Quadro 1.** Lista de peritos em condução de regeneração natural de pinheiro-bravo.

|                |                    |                   |             |                 |                    |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------------|
| André Nunes    | Gestiverde         | Jorge Cancela     | ICNF        | Rui Rosmaninho  | ICNF               |
| Ant Louro      | AFLOMAÇÃO          | Luís Freitas      | GTF C.Basto | Rui Xavier      | URZE               |
| Ant Nora       | Floresta Atlântica | Manuel Rainha     | AGIF        | Susana Mestre   | AFLOBEI            |
| Ant Salgueiro  | AGIF               | Pedro Mendes      | APFCAN      | Ângelo Teixeira | CAPOLIB            |
| Artur Mota     | APFRibeira Pena    | Margarida Barbosa | APFVMinho   | Paulo Barroca   | Baldio Verdelhos   |
| Calçada Duarte | ICNF               | Octávio Ferreira  | ICNF        | Duarte Marques  | Aguiar Floresta/CM |
| Carlos Machado | Silviconsultores   | Pedro Gomes       | Baladi      | Alexandre Tomás | METSA              |
| Henrique Reis  | ICNF               | Ricardo Sousa     | ForestCorte | Daniel Santos   | FLOPONOR           |
| J Gama Amaral  | Bosque             | Rita Gomes        | ICNF        | Alice Marques   | ICNF               |
| João Sanches   | ICNF               | Rogério Rodrigues | ICNF        |                 |                    |

**Quadro 2.** Operações de gestão de regeneração natural de pinheiro-bravo possíveis e que serviram de base à elaboração do inquérito.

|   |   |
|---|---|
| Desbaste  | Desbaste térmico (fogo controlado) ou manual/mecanizado   |
| Dimensão das faixas                                       | Abertura de faixas de 2, 3, 4 ou 5 m de largura   |
| Operação de abertura de faixas                            | Corta-matos de facas ou correntes<br>Grade de discos<br>Triturador (Raptor)<br>Destroçador de martelos<br>Motosserra (árvores de maior diâmetro)  |
| Dimensão das faixas de produção                           | Faixas de produção de 1, 2, 3, 4 ou 10 m largura  |
| Operação de intervenção nas faixas de produção            | Corte de pinheiros na faixa com motorroçadora/motosserra<br>Corte e desramação de pinheiros na faixa com motorroçadora /motosserra<br>Abate manual com motosserra + desrama e toragem com <i>harvester</i><br>Corte, desrama e toragem com <i>harvester</i> |
| Tipo de desbaste  | Desbaste sistemático, pelo baixo ou seletivo/sistemático  |
| Intensidade do desbaste                                   | Desbaste para densidade 50000, 40000, 30000, 20000 ou 10000 pl/ha<br>Desbaste para compasso 1, 1.5, 2, 2.5 ou 3 m   |
| Operação de recheia da madeira e de recheia dos sobrantes | Trator com reboque com grua<br><i>Forwarder</i>   |
| Operação de destruição dos sobrantes                      | Corta-matos de facas ou correntes<br>Máquina estilhaçadora<br>Destroçador de martelos<br>Grade de discos  |

Foram identificados 24 projetos, com uma área total de 9520 ha, distribuídos pelas regiões Norte, Centro Litoral, Centro Interior e Centro Sul. A maioria corresponde a povoamentos na classe dos 10-15 anos, com alturas médias superiores a 3 metros e densidades compreendidas entre 5000 e 40000 árvores/ha. Na maioria dos casos, estavam previstas intervenções manuais e mecanizadas e as faixas de 3 metros de largura dominaram nas respostas.

Os projetos identificados como potencialmente interessantes vão ser visitados. Na seleção final serão tidos em conta: (1) a data prevista para a intervenção, (2) a disponibilidade, (3) o modelo de gestão da RN a aplicar, (4) a dimensão da área/povoamento, (5) o declive, (6) a fisiografia e (7) a presença de afloramentos rochosos e pedregosidade.

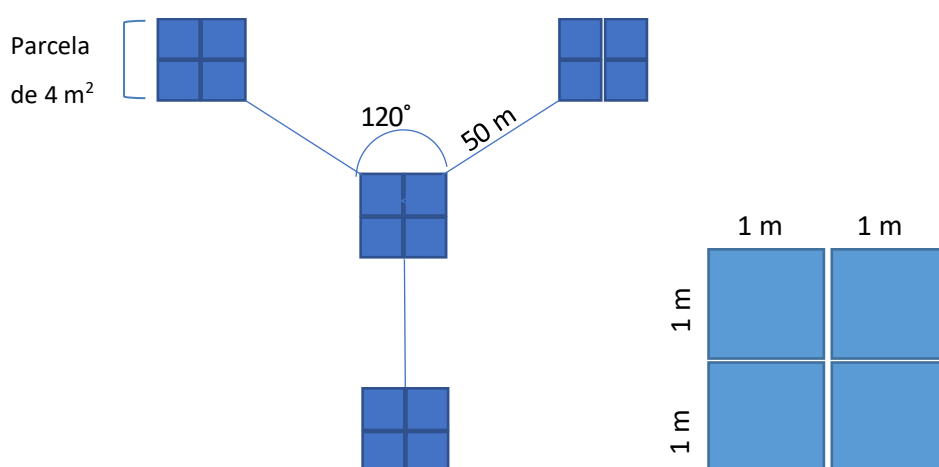
Em cada uma das áreas será feita a quantificação da biomassa existente antes da intervenção e da biomassa removida na intervenção. As contagens dos tempos de trabalho associados aos vários modelos de intervenção, que nos vão permitir definir as respetivas produtividades, serão feitas na totalidade das áreas.

## 2.2. Quantificação de biomassas

Consideram-se duas metodologias em função das fases de desenvolvimento dos povoamentos, definidas por povoamentos com idade superior ou inferior a 8 anos. Após seleção das áreas, este valor de idade pode ser alterado.

### 2.2.1. Povoamentos jovens com idade inferior a 8 anos

Propõe-se uma amostragem por grupos (*clusters*), cada um constituído por um conjunto de 4 parcelas, de 4 m<sup>2</sup>, desagregadas, cada uma, em 4 subparcelas, com forma quadrada e área igual a 1 m<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** Organização das parcelas no *cluster* e pormenor das subparcelas.

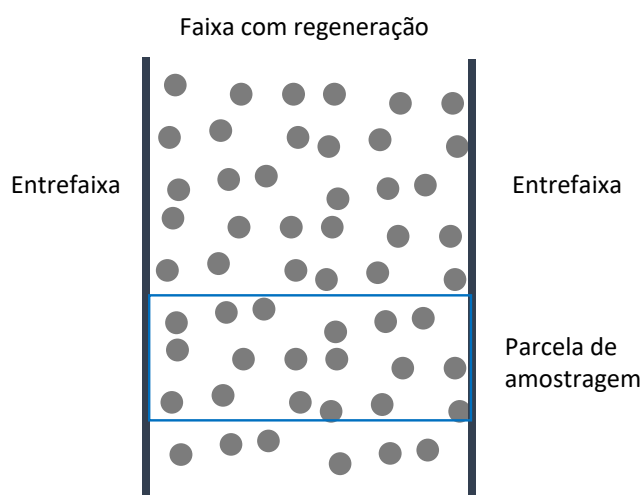
Em cada uma das áreas são instalados vários *clusters* em número a definir em função das características e da homogeneidade das áreas. A localização do 1º *cluster* é definida no terreno, em função da acessibilidade da área. São registadas as coordenadas com recurso a GPS, assumindo como “centro” do *cluster* o centro da parcela mais central (ver Fig 1). A localização dos restantes *clusters*, numa mesma área, é definida em relação ao 1º *cluster*, função da capacidade de locomoção dentro das áreas.

Nas parcelas de cada *cluster*, antes da intervenção, avalia-se:

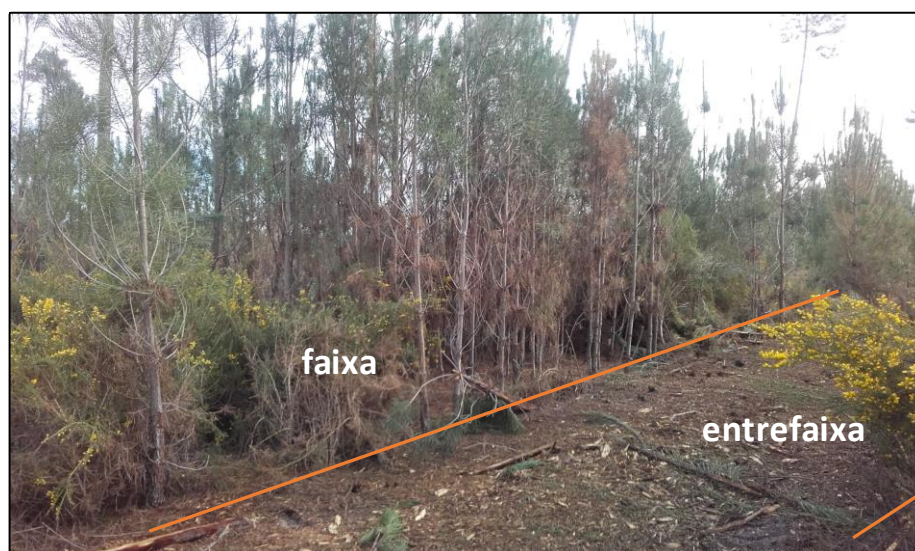
- Nas plantas mais próximas dos vértices das parcelas (4 m<sup>2</sup>), uma por vértice de cada parcela, são medidos os diâmetros na base e a altura total. Se as plantas tiverem altura superior a 1.30 m (o que é o mais frequente, de acordo com a informação apurada pelos inquéritos), deve medir-se também o diâmetro a essa altura.
- Após o corte da planta, contar o número de anéis de crescimento na base ou cortar uma rodela da base para contagem em laboratório (amostra etiquetada para se poder associar a idade à planta). Em cada unidade de 1 m<sup>2</sup>, procede-se ao corte de todas as plantas. Contam-se as plantas vivas e mortas, registam-se esses números, em separado, e pesa-se, no campo, o material de cada grupo (vivo / morto) com recurso a um dinamómetro ou a uma balança. Obtém-se o valor médio de peso verde por planta.

A avaliação do material removido na intervenção, faz-se por contabilização direta. De acordo com a informação apurada pelos inquéritos, a intervenção dominante é a abertura de entrefaixas e a seleção das árvores na faixa. Assim:

- Nas entrefaixas, multiplica-se a área cortada pela biomassa por hectare que havia antes da intervenção. Para se conhecer a área de cada entrefaixa, multiplica-se o comprimento da entrefaixa pela sua largura (que se assume fixa).
- Nas faixas (Fig 2 e Fig 3), faz-se a contabilização do que sai, por pesagem, no local. As parcelas devem ter largura igual à largura da faixa e comprimento variável, função da largura da faixa, garantindo uma área amostrada mínima de 16 – 20 m<sup>2</sup>. O número mínimo de parcelas é de duas por faixa, num mínimo de duas faixas.



**Figura 2.** Desenho da implantação da parcela para contabilização de biomassa removida, na faixa com regeneração.



**Figura 3.** Definição de entrefaixa e faixa em campo.

## 2.2.2. Povoamento com idade superior a 8 anos

Nos povoamentos com árvores de maior dimensão, deixa de ser possível cortar as árvores e pesá-las em campo. Nesta situação, instalam-se parcelas e faz-se a avaliação indireta da biomassa com recurso a equações (Quadro 3).

**Quadro 3.** Equações para estimar a biomassa da árvore – pinheiro-bravo.

**(1)**  $w_a = w_{br} + w_l + w_c + w_w + w_b$  (Páscoa et al, 2004)

$w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg);  $w_{br}$ , biomassa dos ramos (kg);  $w_l$ , biomassa das folhas (kg);  $w_c$ , biomassa das pinhas (kg);  $w_w$ , biomassa do lenho (kg);  $w_b$ , biomassa da casca (kg)

Idade mínima das árvores 14 anos, povoamentos localizados na Mata Nacional de Leiria

$$w_a = 0.011511 d^2 h_{bc} + h_{bc}^{0.089951} h + h_{bc}^{0.06684} h + h_{tr}^{2.766087 - 0.90774 (h_{tr}/d)} + 0.033293 h^2 + 0.026059 d^2$$

$d$ , diâmetro da árvore medido a 1.30 m de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $h_{bc}$ , altura da base da copa (m);  $h_{tr}$ , altura do tronco (m);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)

**(2)**  $w_a = w_w + w_b + w_{br} + w_l$  (Faias, 2009)

$w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg);  $w_w$ , biomassa do lenho (kg);  $w_b$ , biomassa da casca (kg);  $w_{br}$ , biomassa dos ramos (kg);  $w_l$ , biomassa das folhas (kg)

Idade mínima das árvores 14 anos, povoamentos localizados em Alcácer do Sal, Covilhã, Leiria, Lousã, Viseu e Vale do Tâmega

**(2.1)**  $w_a = 0.011565 d^{1.868252} h^{1.216072} + 0.015953 d^{2.274024} + 0.003971 d^{2.763628} + 0.065631$

$d^{1.612475} (h/d)^{-0.547370}$  - sem idade

**(2.2)**  $w_a = 0.006249 t^{0.408223} d^{1.805945} h^{0.945397} + 0.008 t^{0.358303} d^{2.081983} + 0.003372 d^{2.807565} + 0.061843$

$d^{1.618916} (h/d)^{-0.57473}$  - com idade

$d$ , diâmetro da árvore medido a 1.30 m de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $t$ , idade da árvore (anos);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)

**(3)**  $w_a = 0.0125 t^{0.4209} d^{2.1261} h^{0.4759}$  Faias (2009)

$d$ , diâmetro da árvore medido a 1.30 m de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $t$ , idade da árvore (anos);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)

**(4)**  $w_a = 0.0228 d^{2.1509} h^{0.8117}$  Faias (2009)

$d$ , diâmetro da árvore medido a 1.30 m de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)



$$(5) wa=0.989 d0.1^{1.566} h^{0.282} \quad (\text{Arnaldo et al, 2010})$$

idade máxima das árvores 13 anos ( $d < 10$  cm), povoamentos localizados no Parque Natural de Montesinho

$d_{0.1}$ , diâmetro da árvore medido a 10 cm de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)

$$(6) wa=ws+wbr+wl \quad (\text{Mendes, 2011})$$

$w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg);  $w_s$ , biomassa do tronco (lenho+casca) (kg);  $w_{br}$ , biomassa dos ramos (kg);  $w_l$ , biomassa das folhas (kg)

pinheiros-bravos jovens com  $h < 3.5$  m, povoamentos localizados no Nordeste de Portugal

$$wa=0.82682 (d+1)^{1.63709} + 1.38040 (d+1)^{2.39942} h^{-1.41296} + 0.87860 (d+1)^{1.22265}$$

$d$ , diâmetro da árvore medido a 1.30 m de altura (cm);  $h$ , altura total da árvore (m);  $w_a$ , biomassa aérea da árvore (kg)

Para inventário das existências, a recolha de dados é feita em 2-3 parcelas de forma retangular/quadrada com 4 m<sup>2</sup> de área (ajustável, em função da visibilidade). Em cada parcela contam-se os indivíduos (plântulas ou árvores da espécie *Pinus pinaster*) para avaliação da densidade. A estimativa da biomassa é feita para um conjunto de árvores amostra (identificadas como representativas, ver procedimento a seguir), multiplicando-se o valor médio estimado para essas árvores pela densidade.

As árvores amostra são identificadas por análise visual: 2 a 5 árvores com dimensão média, representativas da parcela. Nessas árvores mede-se o diâmetro a 1.30 m, o diâmetro na base e o diâmetro a 10 cm de altura, a altura total e avalia-se a idade. A avaliação da idade será feita por contagem de anéis, na base, em árvore abatida, ou, na árvore em pé, por sondagem ou contagem dos verticilos. Neste caso há que registar o nível de altura da sondagem e acrescentar, ao número de anéis, a idade que a planta demora a atingir essa altura.

A avaliação do material removido na intervenção, faz-se por contabilização direta, de modo semelhante ao referido para pinhais com idade inferior a 8 anos.

### 2.3. Avaliação dos tempos de trabalho das máquinas nos métodos motomanuais e mecânicos

Após seleção das áreas e definição e caracterização dos modelos de gestão da RN, avalia-se a produtividade das máquinas dos métodos motomanuais e mecânicos. Neste ponto vai-se seguir a metodologia apresentada pelo Centro de Biomassa para a Energia (CBE) no “Estudo da avaliação dos custos de aproveitamento da biomassa florestal” apresentado na Lousã em 2008.

O estudo de tempos e movimentos das máquinas é importante na determinação da eficiência e da produtividade, na racionalização dos processos e na otimização de custos. Assim, há que definir o método de cronometragem para o acompanhamento das operações e o modelo de gestão a aplicar para se efetuar a determinação dos custos envolvidos nas operações. Será feito o acompanhamento dos trabalhos de campo para, em situação real, anotar:



- os tempos de trabalho efetivos;
- os tempos de trabalho de manutenção e de abastecimento das máquinas, os quais vão afetar a Disponibilidade Mecânica (DM) das máquinas;
- os tempos de paragem. Anotar o tipo de paragem – hidráulica, elétrica, mecânica, sistema de arrefecimento...

Para o acompanhamento das operações, selecionou-se o método de cronometragem cumulativa (IUFRO 1995). Neste método, a medição de tempo é feita sem paragem do cronómetro, fazendo-se a leitura deste cada vez que ocorre um ponto de medição (início do trabalho efetivo/manutenção/abastecimento/paragem/...) (Quadro 4) e anotando-se o tempo decorrido junto ao nome da atividade parcial finalizada. Este método tem a vantagem de que todas as atividades parciais são registadas em sequência, de forma cronológica, evitando erros.

**Quadro 4.** Definição de tempos associados à avaliação das operações florestais (adaptação do CBE (2008) das normas definidas pela IUFRO (1995))

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Tempo de trabalho          | Tempo produtivo – período de tempo gasto na execução de uma operação (tarefas principais + tarefas complementares)   |
|                            | Tempo de suporte – período de tempo que contribui indiretamente para a execução de uma operação (ex. manutenção, planeamento, preparação)                              |
| Tempo morto ou improdutivo | Período de tempo em que há interrupção do trabalho   |
| Tempo total                | Período de tempo gasto na execução de uma tarefa específica e o período de tempo durante o qual nenhuma atividade relacionada com o tempo de trabalho foi desenvolvida |

Através da contagem dos tempos de trabalho associados a um método específico de gestão da RN e da quantificação da biomassa removida pode-se determinar a produtividade associada a esse método expressa em ton/h. No Quadro 5 apresenta-se um exemplo retirado da apresentação do CBE (2008) e referente a uma análise de produtividade associada ao aproveitamento da biomassa florestal.

**Quadro 5.** Determinação da produtividade associada a um processo de aproveitamento da biomassa florestal (CBE 2008).

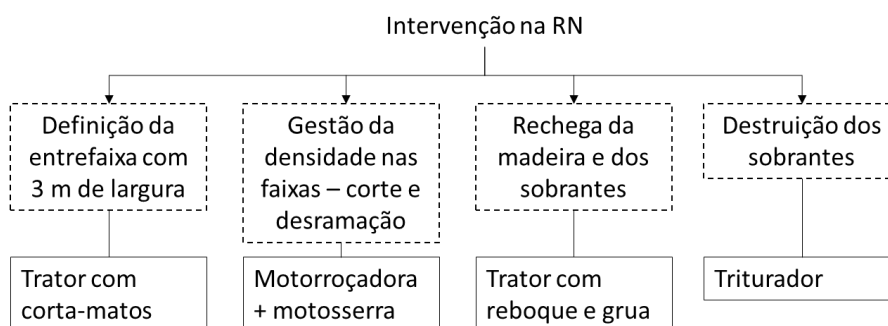
| Exemplo de cálculo das produtividades de uma operação |                     |                          |              |               |           |       |       |      |                      |      |                    |                       |                               |
|---|---------------------|--------------------------|--------------|---------------|-----------|-------|-------|------|----------------------|------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Tempos de trabalho                                    | Classificação Geral | Classificação específica | Operações    | Tempo (horas) | Tempo (%) |       |       |      | Eficiência (min/ton) |      |                    | Produtividade (ton/h) |                               |
| Tempo de trabalho                                     | Tempo produtivo     | Tarefa principal         | Carregamento | 2,68          | 62,4      | 94,3  | 0,27  | 4,26 | 6,44                 | 6,81 | 9,32               | Tempo de trabalho     | Tempo de permanência no local |
|   |                     |                          | Descarga     | 0,72          | 16,8      |       |       | 1,14 |                      |      |                    |                       |                               |
|   |                     |                          | Deslocação   | 0,65          | 15,1      |       |       | 1,03 |                      |      |                    |                       |                               |
|   | Tempo de suporte    | Planeamento              | Planeamento  | 0,06          | 1,5       | 0,10  | 0,37  |      |                      |      |                    |                       |                               |
|   |                     |                          | Preparação   | 0,17          | 4,0       | 8,82  |       |      |                      |      |                    |                       |                               |
| Tempo improdutivo                                     | Tempos mortos       | Pausa                    | Pausa        | 0,014         | 0,3       | 0,3   | 0,3   | 0,02 | 0,02                 | 0,02 | 8,82               | 8,79                  |                               |
| <b>Total Geral</b>                                    |                     |                          |              | 4,30          | 100,0     | 100,0 | 100,0 | 6,83 | 6,83                 | 6,83 | Quantidade de BFR= | 37,8 ton              |                               |

Adaptado de Normas da Union of Forestry Research Organisations (IUFRO, 1995)

No Quadro 6 apresentam-se as operações de gestão da RN indicadas pelos peritos como sendo as adequadas nas várias áreas identificadas através dos inquéritos. Na Fig 4 apresenta-se, a título de exemplo, uma modalidade de intervenção na RN.

**Quadro 6.** Operações de gestão da regeneração natural nas áreas identificadas.

|  |
|--|
| <b>Dimensão das faixas</b>                                       |
| Abertura de faixas de 2, 3, 4 ou 5 m de largura                  |
| <b>Operação de abertura de faixas</b>                            |
| Máquina giratória com destroçador de correntes                   |
| Trator com destroçador (martelos/correntes)                      |
| Trator com grade de discos pesada                                |
| Trator com corta-matos (martelo/correntes)                       |
| Motomanual – motorroçadora                                       |
| <b>Dimensão das faixas de produção</b>                           |
| Faixas de produção de 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 15 m largura         |
| <b>Operação de intervenção nas faixas de produção</b>            |
| Corte e desramação de pinheiros com motorroçadora/motosserra     |
| Desramação de pinheiros de bordadura                             |
| Desbaste mecanizado com cabeça processadora                      |
| Controle da vegetação – motorroçadora                            |
| <b>Operação de recheia da madeira e de recheia dos sobrantes</b> |
| Trator com reboque com grua                                      |
| <i>Forwarder</i>   |
| Estilhaçador   |
| <b>Operação de destruição dos sobrantes</b>                      |
| Destroçamento com motorroçadora                                  |
| Triturador   |
| Destroçador de martelos  |
| Enterramento na linha  |



**Figura 4.** Exemplo de uma modalidade de intervenção na RN.

## 2.4. Avaliação dos custos associados às modalidades de intervenção na gestão da RN

Para determinar os custos associados às várias modalidades de intervenção na gestão da RN há que determinar, por modalidade, o custo horário de cada máquina, que é a soma de custos fixos com custos variáveis:

$$C_{\text{total}} = C_{\text{fixos}} + C_{\text{variáveis}}$$

$C_{\text{fixos}}$ , aqueles que existem independentemente da máquina estar ou não a trabalhar;  $C_{\text{variáveis}}$ , aqueles que ocorrem quando a máquina está a funcionar e que são proporcionais ao número de horas de utilização, num determinado período de tempo.

Os conceitos “custos fixos” e “custos variáveis” devem ser aplicados a todo o processo, considerando que a máquina é apenas uma componente da operação. Os custos fixos não variam com a variação do fator de produção, por ex. salário do operador. Os custos variáveis variam com a variação do fator de produção, por ex. combustível.

Ambrosio et al (2016) listam os elementos a considerar na definição do custo horário de uma máquina (€/h):

- preço de aquisição de cada máquina (€);
- preço de revenda (%): 20% do preço de aquisição para todas as máquinas com exceção das motosserras que se considera 10%;
- subvenção (%): 25%;
- amortização (anos): em princípio, todas as máquinas são amortizadas em 10 anos, com exceção das motosserras que se considera 2 anos; no entanto, sabe-se que a amortização das máquinas depende das condições de uso, do grau de utilização, da forma como foram operadas, da manutenção...;
- horas de trabalho anual (h/ano): todas as máquinas trabalham xxxx h/ano, com exceção das motosserras que trabalham yyyy h/ano; há que definir os modelos a testar;
- custos de seguros (€): assumir, anualmente, uma % do custo de aquisição;
- gastos em combustível (l/h): consumo de x l por potência da máquina em CV, a determinar no campo;
- gastos em consumíveis (€/h): consideram-se lubrificantes, velas, pneus, ... Considera-se o consumo de lubrificantes proporcional ao de combustível; assume-se 4.5% do gasto de combustível;
- custos de combustível (€/l): assume-se um custo de 1.6 €/l
- reparações e manutenção (%): as reparações são variáveis e aumentam com a idade da máquina. Assume-se que, ao longo da vida da máquina, o gasto em reparações corresponde a uma percentagem do custo de aquisição, a determinar no campo;
- taxa de juro (%): 4%.

Os custos unitários brutos (C) obtêm-se pelo produto do tempo de trabalho (t) necessário para a redução de uma certa quantidade de biomassa (na abertura da entrefaixa e na redução dentro da faixa) com o custo horário das máquinas:

$$C (\text{€/kg}) = t (\text{h/kg}) \times Ch (\text{€/h})$$

No Quadro 7 apresenta-se um exemplo retirado da já referida apresentação do CBE (2008) e referente ao cálculo dos custos de uma operação de aproveitamento da biomassa florestal.

**Quadro 7.** Exemplo de cálculo dos custos de uma operação de aproveitamento da biomassa florestal (CBE 2008).

| Exemplo de cálculo dos custos de uma operação |                          |               |           |             |             |          |
|---|--------------------------|---------------|-----------|-------------|-------------|----------|
|   | Custos                   | Operações     | Tempo (h) | Custo /hora | Custo total |          |
| <b>Rechega de BFR</b>                         | Custos fixos e variáveis | Carregamento  | 2,68      | 31,38 €     | 84,22 €     |          |
|   |                          | Deslocação    | 0,65      |             | 20,36 €     |          |
|   |                          | Descarga      | 0,72      |             | 22,64 €     |          |
|   | Sub-total                |               |           | 4,05        |             | 127,22 € |
|   | custos fixos             | Preparação    | 0,17      | 18,78 €     | 3,19 €      |          |
|   |                          | Planeamento   | 0,06      |             | 1,13 €      |          |
|   |                          | Pausa         | 0,01      |             | 0,26 €      |          |
|   | Sub-total                |               |           | 0,24        |             | 4,58 €   |
|   | Custo do operador        |               |           | 4,30        | 13,81 €     | 59,35 €  |
|   | Total                    |               |           | 4,30        |             | 191,15 € |
| <b>Material rechegado (ton)</b>               |                          | <b>37,8</b>   |           |             |             |          |
| <b>Custo/ton</b>                              |                          | <b>5,06 €</b> |           |             |             |          |

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ambrosio Y, Martínez-Rojas I, Vignote S, Lozano R, Martín M, Leite AMP, 2016. Metodología para la estimación del mercado energético térmico a partir de la biomasa. Aplicación al municipio de El Espinar, Segovia, España. Relatório de projeto. DOI: 10.13140/RG.2.1.1238.8726

Arnaldo PS, Chacim S, Lopes D, 2010. Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *IForest*, 3: 159-162. DOI: 10.3832/ifor0553-003

CBE, 2008. Avaliação dos custos de aproveitamento da biomassa florestal. Apresentação feita no Seminário Multifuncionalidade da Floresta através da Exploração dos Recursos Florestais e Silvopastorícia, Lousã, 10 abril.

Faias S, 2009. Analysis of Biomass Expansion Factors for the most important tree species in Portugal. Tese do Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais, Instituto Superior Agronomia, Lisboa.

IUFRO, 1995. Forest work study nomenclature. The Swedish University of Agricultural Sciences, Depart Operational Efficiency. ISBN 91-576-5055-1

Mendes AFC, 2011. Equações de biomassa para *Pinus pinaster* e *Quercus pyrenaica* na região norte de Portugal. Tese do Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

Páscoa F, M F, González RS, João C, 2004. Estabelecimento simultâneo de equações de biomassa para o pinheiro bravo. In: II Simpósio Iberoamericano sobre Gestión y Economía Forestal, Barcelona, pp. 18-20.