



Inovação e tecnologia para a floresta

Gestão “eficaz” de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro
ESA-IPCB



Divisão de
inov



Faculdade de Ciências Agrárias
Escola Superior Agrária

30 de JUNHO de 2011

Inovação e tecnologia para a floresta

Equipa

Prof^a Cristina Alegria

Prof. Paulo Fernandez

Prof. José Massano

Eng. Filipe Afonso



Faculdade Politécnica de Coimbra
Escola Superior Agrária

30 de JUNHO de 2011



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Fileiras florestais

Fileira da madeira

Fileira da pasta, do papel e do cartão

Fileira da cortiça

Fileira da produção de Energia

Combustão

- doméstica (pellets)
- centrais de biomassa

Co - combustão

- cimenteiras

Cogeração

Etanol celulósico
(2ª geração)

Gasificação (Syngas)

Pirólise (Biometanol)

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Fontes de biomassa com origem na produção florestal

Pontas e ramos de povoamentos adultos (desbaste e corte final)

Casca de povoamentos adultos (desbaste e corte final)

Extracção de árvores no controlo da densidade da regeneração

Extracção de Varas em povoamentos de Eucalipto em talhadia

Matos em sub-coberto

Extracção de cepos de Eucalipto (3ª rotação)

Tronco

Culturas dedicadas à produção de energia – short rotation forest (SRF)



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
inesc + inovação



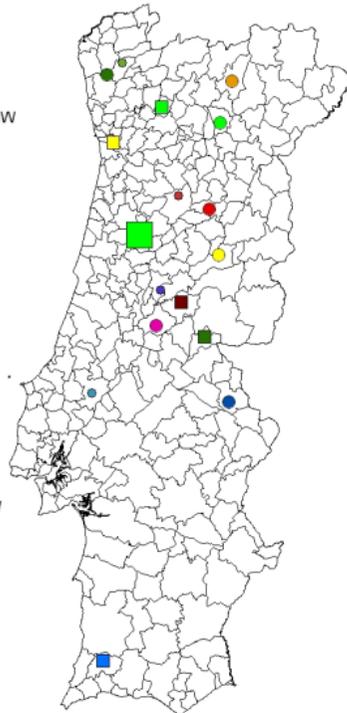
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Localização das centrais de biomassa

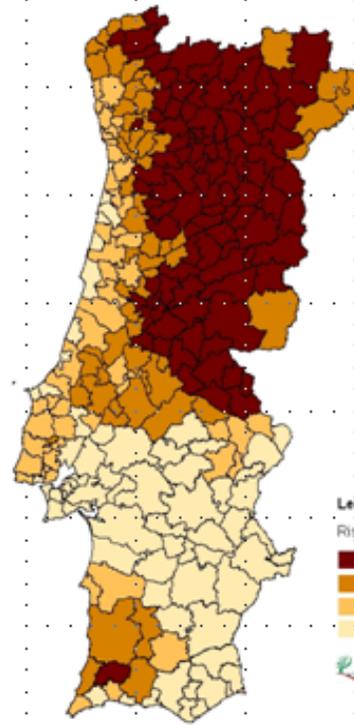
Legenda

Nome

- Mortágua - 20 MW
- Cabeceiras de Basto - 12 MW
- Gondomar - 13 MW
- Monchique-14,6 MW
- Oleiros - 9 MW
- Ródão - 13 MW
- Aijó - 12 MW
- Covilhã - 11 MW
- Portalegre - 11 MW
- Sertã - 11 MW
- Valpaços -12 MW
- Viana-Braga - 11 MW
- Viseu-Guarda - 11 MW
- Castelo - Coimbra -3,3 MW
- Santarém - 6,6 MW
- Viana-Braga - 5,5 MW
- Viseu - 5,5 MW



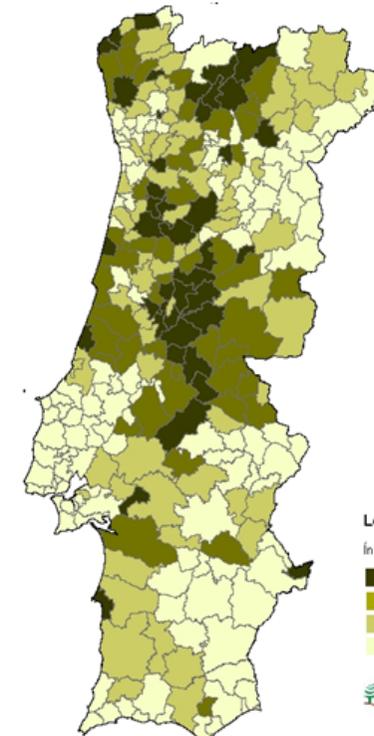
RISCO ESTRUTURAL DE INCÊNDIO POR CONCELHO



Legenda

- Risco estrutural de incêndio
- 4 - Muito Alto
 - 3 - Alto
 - 2 - Médio
 - 1 - Baixo

FITOMASSA EM SUB-COBERTO FLORESTAL POR CONCELHO



Legenda

- Índice de Fitomassa (ton/ha)
- 4 (5 - 9 ton/ha)
 - 3 (4 ton/ha)
 - 2 (3 ton/ha)
 - 1 (0 - 2 ton/ha)

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
inesc + inovação



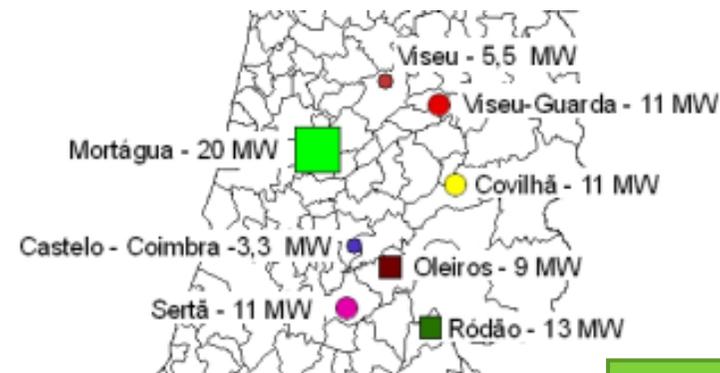
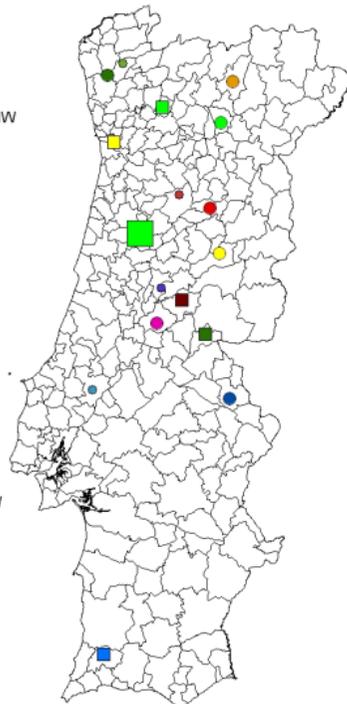
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Consumo estimado de biomassa em centrais de biomassa

Legenda

Nome

- Mortágua - 20 MW
- Cabeceiras de Basto - 12 MW
- Gondomar - 13 MW
- Monchique - 14,6 MW
- Oleiros - 9 MW
- Ródão - 13 MW
- Alijó - 12 MW
- Covilhã - 11 MW
- Portalegre - 11 MW
- Sertã - 11 MW
- Valpaços - 12 MW
- Viana-Braga - 11 MW
- Viseu-Guarda - 11 MW
- Castelo - Coimbra - 3,3 MW
- Santarém - 6,6 MW
- Viana-Braga - 5,5 MW
- Viseu - 5,5 MW



**País (181,5MW)
2 178 000 toneladas**

**1MW – 12 000
toneladas
Zona centro (83,8MW)
1 005 600 toneladas**

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcbr.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
inesac + inovação



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Florestas de curta rotação (Short Rotation Forest – SRF)

Eucalipto

E. globulus e E. rostrata

Rotação 2/5 anos
(elevada densidade)
8 a 20 ton./ha/ano ms

Choupo

Populus Spp.

20 ton./ha/ano m.s.
Ciclos 3 a 5 anos
Durante 22 anos

Paulownia

30 a 45 ton./ha/ano
5 rotações
ciclos de 3
durante 15 anos

Salgueiro

(Salix spp.)

7 a 16 ton./ha ms
ciclos de 3 / 4 anos
durante 25/30 anos



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A – SISTEMA DE GESTÃO DE BIOMASSA

A1 - Requisição de informação/material/colaboradores

A2 - Inventário florestal e A2 - inquéritos às ITM

A3 - Tratamento dos dados

A4 - Estimativa e previsão da produção de biomassa

A5 - Construção de mapas de disponibilidade (Kriging)

A6 - Construção de mapas de explorabilidade



Inovação e tecnologia para a floresta



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

METODOLOGIA:

A1 e A2 - Dados de campo - Inventário

A3 - tratamento de dados

A4 - Estimativa e previsão de biomassa

SIG

A5 - Mapas de distribuição de biomassa

A6 - Condições de exploração

Gestão de biomassa

A1 - Rede viária

A1 - Altimetria

A1 - Ocupação do solo

Caracterização
Edafo-climática
Topografia
Acessibilidade

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta

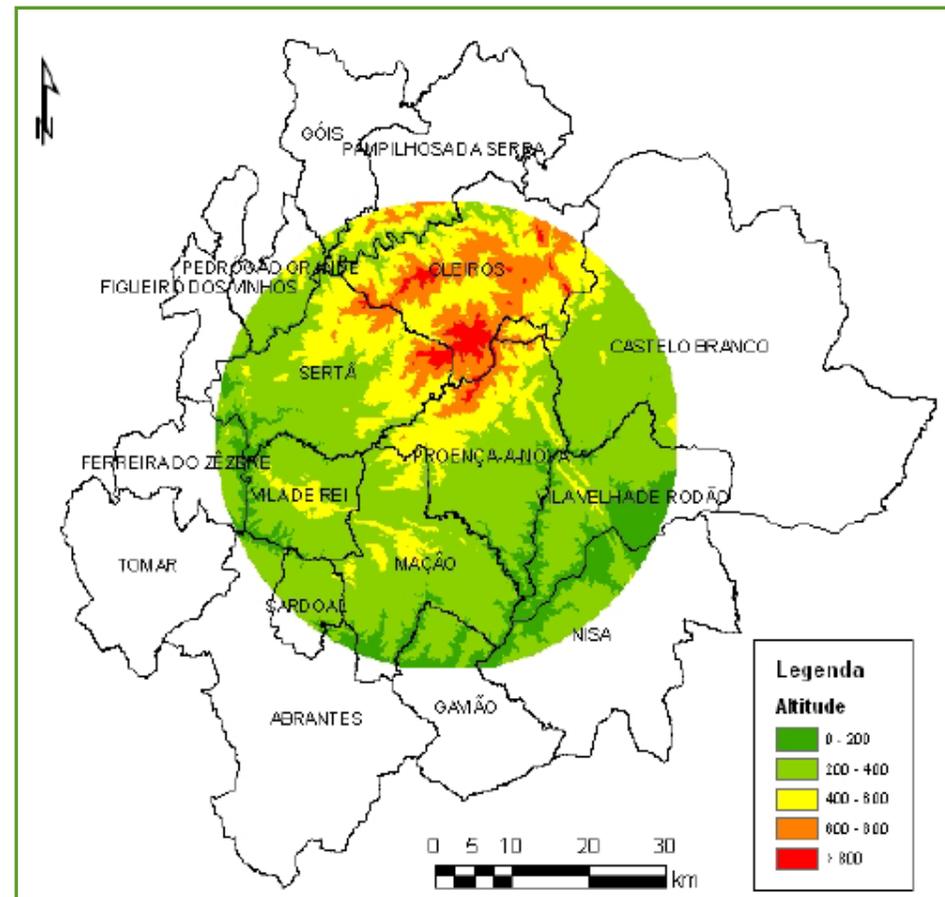


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A2 – Inventário florestal

Natureza da ocupação do solo	Área de ocupação (ha)
Agrícola	52060
Floresta	216615
Água	4101
Formações arbustivas espontâneas	3985
Social	819
Outros	5164
Total	282744

Fonte: Corine Land Cover



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcbr.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO

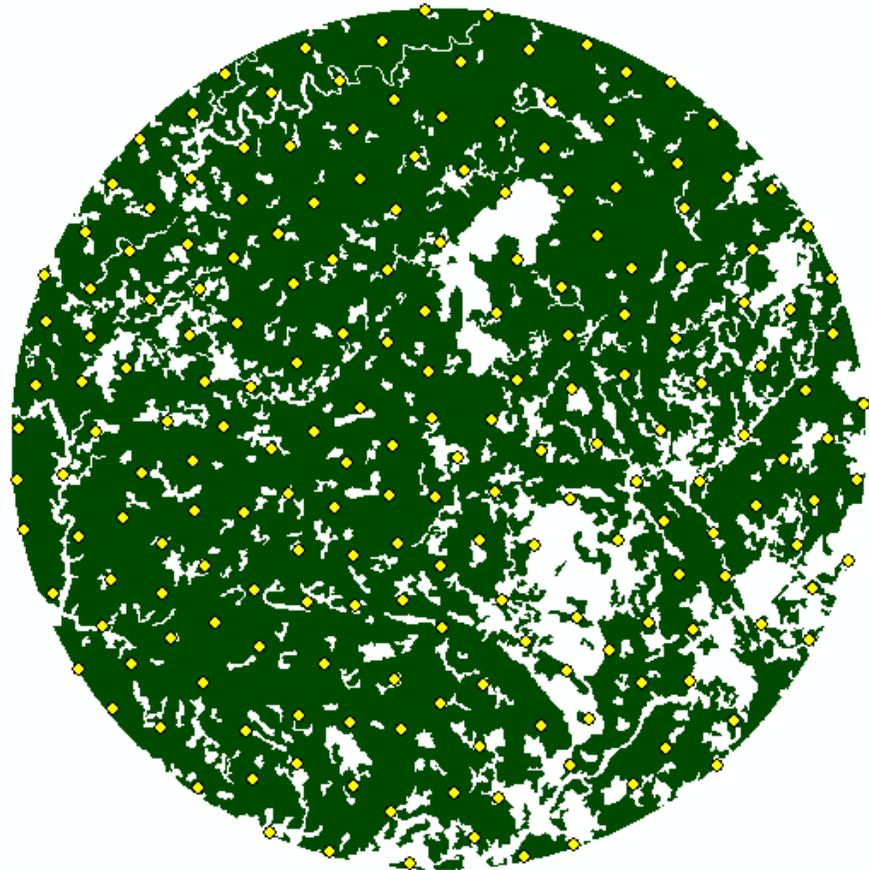


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A2 - Inventário florestal

**Instalação de
200 parcelas de amostragem
em quadrícula**

**Densidade
216 615 / 200
1 parcela por 1083ha**



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO

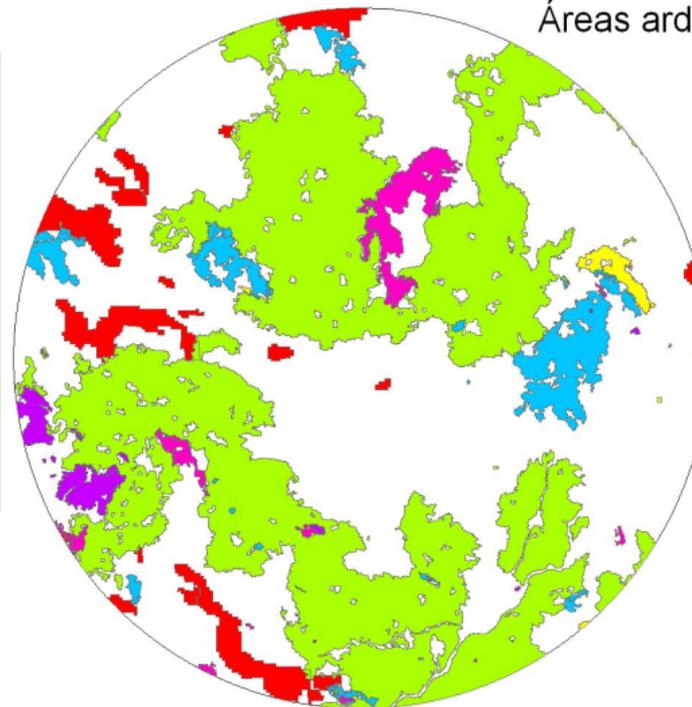


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A2 - Inventário florestal

Área total = 282 744ha,
Área florestal = 216 615ha,
Área ardida = 132 830ha
61,3%

Áreas ardidas entre 2000 e 2005



Legenda:

Incêndios florestais

	2000 - 5.070 ha
	2001 - 2.723 ha
	2002 - 9.759 ha
	2003 - 102.655 ha
	2004 - 1.372 ha
	2005 - 11.251ha

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A2 – Inventário florestal Composição – 216 615 ha

Composição	PbPb	EcEc	Pov. Jovens Pb e Ec	Pov. jovens Pb	Pov. jovens Ec	Matos
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
PbPb	66180		6618	54047		55150
EcEc		12133	1103		11030	8824
PbEc	11030		8824	1103		7721
EcPb	11030		9927	1103		9927
Pov. jovens Pb e Ec			25369			23163
Pov. jovens Pb				46326		39708
Pov. jovens Ec					11030	9927
Apenas Matos						33090
Total	88240	34193	51841	102579	22060	187510
	100373			176480		

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A3 - Tratamento dos dados

CÓDIGO DA PARCELA		155-311			
COMPOSIÇÃO		EcEc FL			
Nº	DAP (cm)	Idade (anos)	Alt Total (m)	Alt. dom. (m)	Alt. copa.
1	12,3		17		11,4
2	12,1				
3	16		18,8		12,3
4	16,6				
5	15,6				
6	18,7		20,6		13,7
7	15,6				
8	13,1				
9	8,6				
10	9,9				
11	20		19	19	15
12	16		20,3		13,8
13	11,9				
14	19,3				
15	21,9	9	21,9	21,9	15,8

Regeneração Natural	
DAP < 7,5cm	
Ec	Pb
Dap médio (cm)	
6,5	3,0
Alt. média (m)	
16,0	2,5
Idade (anos)	
5	5
Nº arv.	
13	2

Povoamentos adultos de Eucalipto

nº parcela	ocupação	N (ár. / ha)	t (anos)	dm (cm)	hm (m)	hdom (m)
155	EcEc	750,0	9	15,2	19,6	20,5

Povoamentos jovens de Eucalipto

nº parcela	ocupação	N (ár. / ha)	t (anos)	dm (cm)	hm (m)
155	EcPb	650	5	6,5	16

Povoamentos jovens de Pinheiro bravo

nº parcela	ocupação	N (ár. / ha)	t (anos)	dm (cm)	hm (m)
155	EcPb	100	5	3,0	2,5

Matos

nº parcela
155

Organização e Verificação dos dados

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt

Inovação e tecnologia para a floresta



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A4 - Estimativa da produção de biomassa

Necessidade de calcular biomassa em peso

Necessidade de calcular a biomassa total da árvore (não só o volume comercial - tronco)



Folhas: (3) %

Ramos: (22)%

Tronco: (50) %

Casca: (5)%

Raízes: (20) %

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A4 - Estimativa da produção de biomassa

Pinheiro bravo adulto
Corte final = 55 anos
FW = 0,2 desbaste

PESO SECO (Casca)

$$0,1345 \cdot [0,8 \cdot [0,01259 \cdot [(dg^2 \cdot Hm \cdot 10)^{0,814}]]] \cdot N/1000$$

[Ton/ha]

Autor: Páscoa

PESO SECO (Pontas +Ramos)

$$[(0,463 \cdot dg^{1,604}) / 2,357] \cdot (N/1000)$$

[Ton/ha]

Autor: Páscoa



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A4 - Previsão de crescimento e condução cultural

Pinheiro bravo adulto
Corte final = 55 anos
FW = 0,2 desbaste

$$(1) \text{hdom}_{(i+1)} = 19,62270345 \times (\text{hdom}_{(i)} / 19,62270345)^{(t_{(i+1)} / t_{(i)})^{(2,2416088)}}$$

Exemplo FW desbaste – parcela 700 árv/ha

$$(2) \text{FW} = 100 / (\text{hdom} \times \sqrt{N})$$

$$0,2 = 100 / (23\text{m} \times \sqrt{N}) \text{ vem } N = 473 \text{ árv. Retirar } 227$$

$$(3) \text{dg}_{(i+1)} = 6,041 + 1,024 \times \text{hdom}_{(i+1)} - 0,004 \times N_{(i+1)}$$

$$(4) \text{Hm}_{(i+1)} = 1,446 + 0,65 \times \text{hdom}_{(i+1)} \times 0,048 \times \text{dg}_{(i+1)}$$

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

**Eucalipto adulto
12 anos / 3 anos**



**A4 - Estimativa
da
produção de
resíduos**

PESO SECO (Pontas e Ramos)
 $0,1785 \cdot (dg^{1,756}) \cdot (N/1000)$

PESO SECO (Casca)
 $[(0,01432 \cdot dg^{2,798}) / 3,11] \cdot (N/1000)$
[Ton/ha] **Autor: Páscoa**

**A4 - Previsão de
crescimento e
condução cultural**

$$G_{(i+1)} = 53,48 \times (G_{(i)} / 53,48)^{(t_{(i+1)} / t_{(i)})^{0,5607}}$$

$$dg_{(i+1)} = \text{Raíz} (40\,000 \times G_{(i+1)} / \pi \times N)$$

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcbr.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A4 - Estimativa e previsão da produção de biomassa

Procedimento idêntico para os restantes estratos

Regeneração natural
Eucalipto



Varas de
Ec



Regeneração natural
Pinheiro bravo



Matos



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A4 - Previsão de crescimento e condução cultural

Calendarização Operacional

Estrato que decide a intervenção				Aproveitamento de corte			
Corte da espécie dominada				Desbaste de varas			
nº	Pb adulto	Ec adulto	Reg Pb	Reg Ec	Varas	Cepos	Matos
14	2014	2014	2014	2014	2017		
155			2011	2011			2011
174			2013	2013	2016	2013	
175	2011		2011				2011
176			2014	2014			
177		2009		2009	2012		
178		2013	2013	2013	2016		
179				2015		2015	

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta

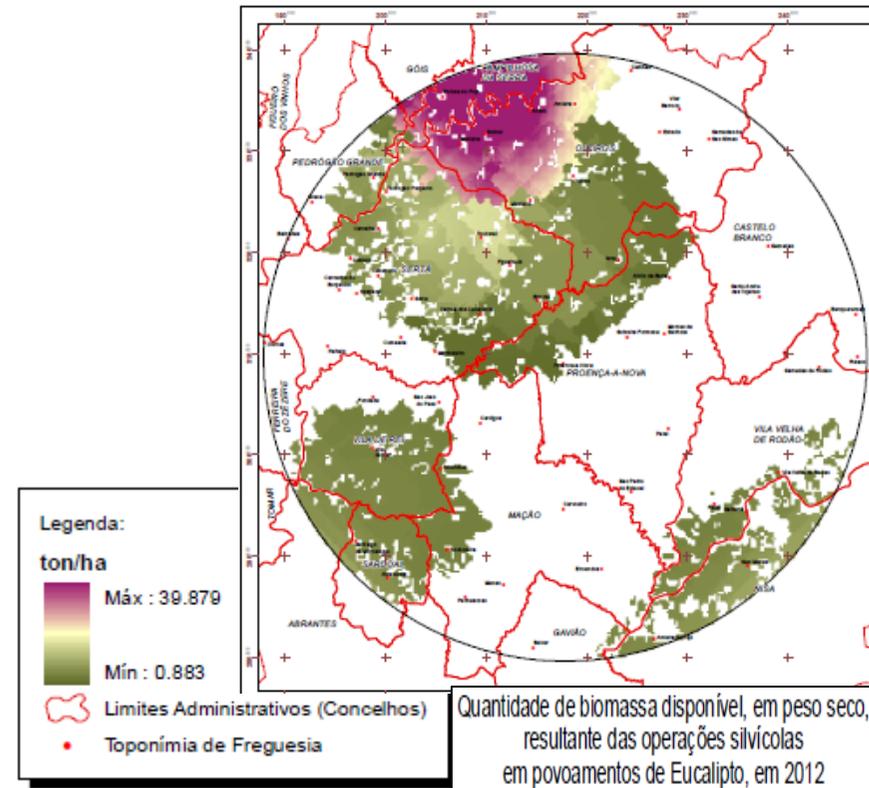
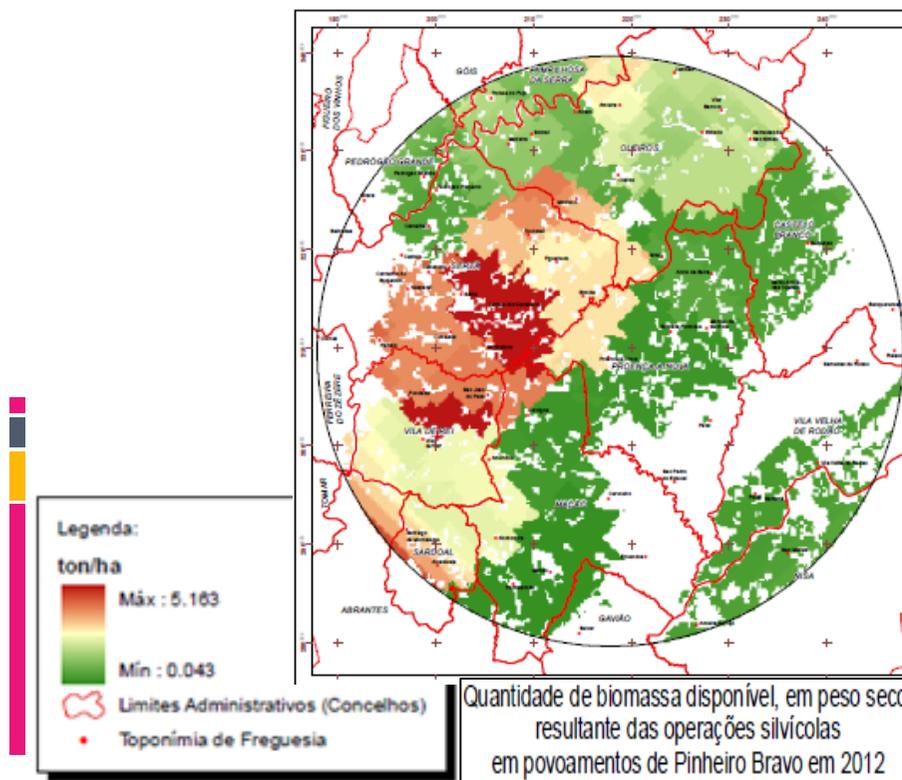


Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A5 - Construção de mapas de disponibilidade (Kriging)



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipc.b.pt



Inovação e tecnologia para a floresta

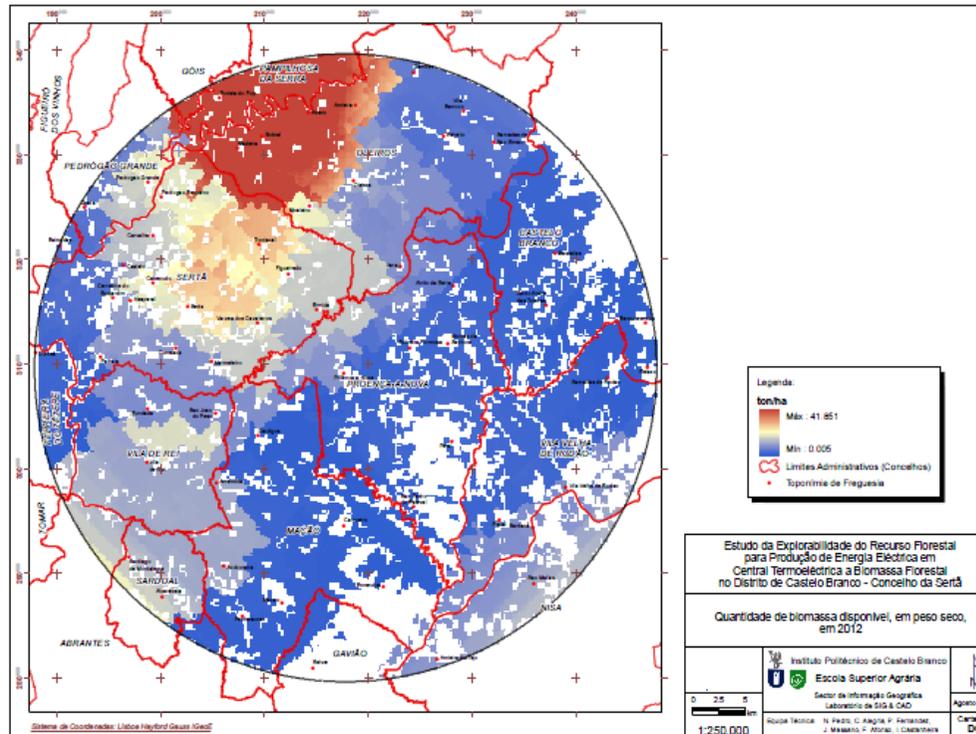


Dynamized by
inovov
inesc + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

A5 - Construção de mapas de disponibilidade (Kriging)



Quantidade de
biomassa
disponível,
em peso seco,
em 2012

Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

B6 - Construção de mapas de explorabilidade

Peso dos factores condicionantes da explorabilidade de resíduos

Distância a estradas (metros)	Limitação	Ponderação	Declive (%)	Limitação	Ponderação
0 - 50	sem	1	< 15	sem	1
50 - 100	moderada	2	15 - 30	moderada	2
100 - 500	severa	3	> 30	severa	3
> 500	muito severa	4			

Classes de explorabilidade de resíduos

Explorabilidade de biomassa acessibilidade + declive	Somatório das ponderações
classe 1	< 3
classe 2	3 - 5
classe 3	> 5



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inovov
inesc + inovação

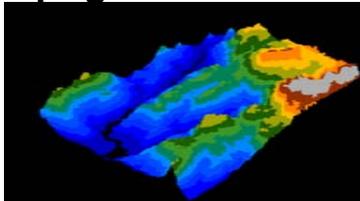


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

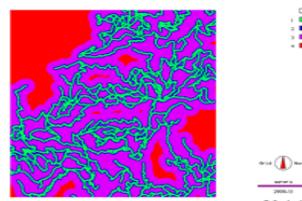
B6 - Construção de mapas de explorabilidade

Metodologia SIG:

Topografia - declives



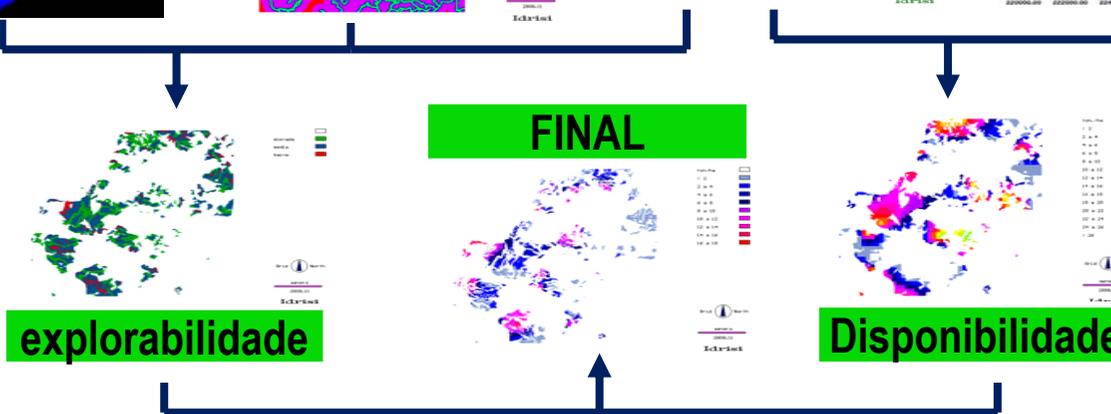
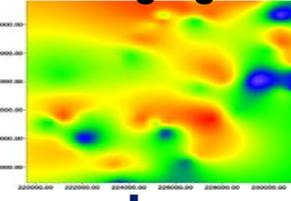
Distância estradas



Ocupação



Kriging



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta

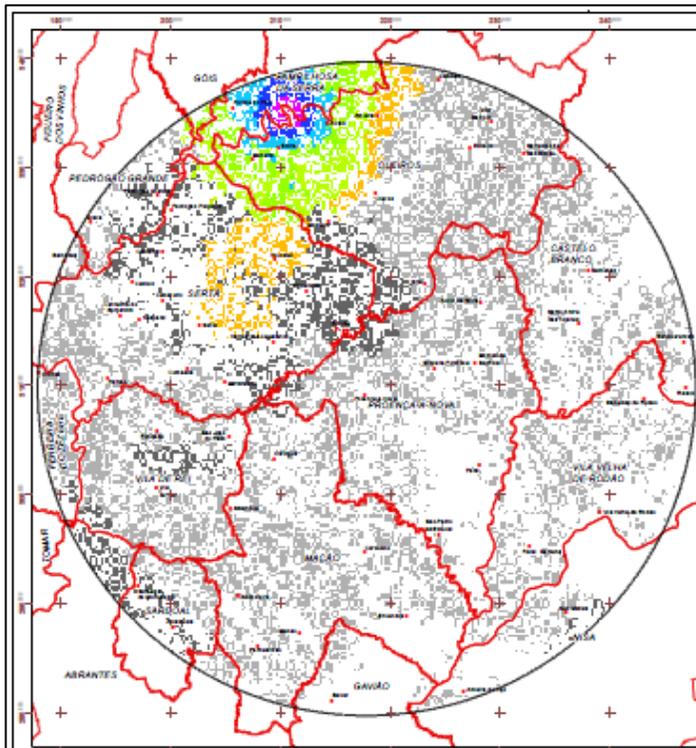


Dynamized by
inov
inesc + inovação

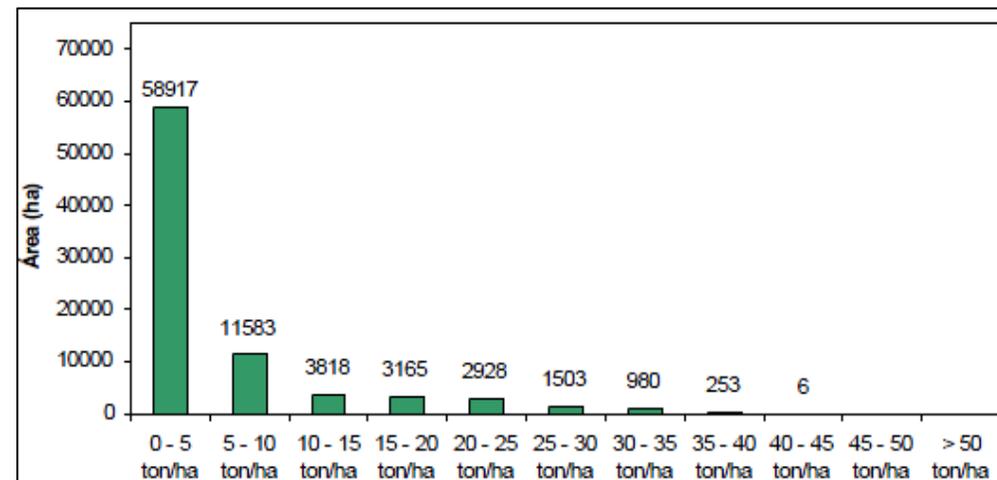
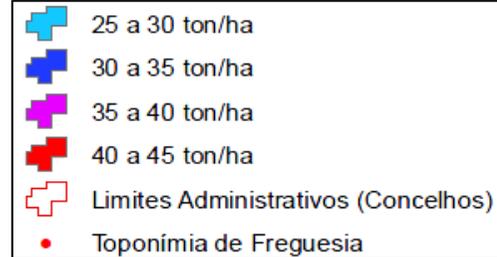


Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

Quantidade de biomassa em zonas de explorabilidade média, em 2012



Legenda:



Gestão eficaz de biomassa florestal

Nuno Rocha Pedro npedro@ipcb.pt



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

POSSIBILIDADES DE EVOLUÇÃO FUTURA DO SISTEMA

- 1) Criar um modelo que aceite a dinâmica
- 2) Incorporar mais factores que limitam a exploração como a pedregosidade, cursos de água,...
- 3) Associar as condições do terreno à selecção de máquinas e equipamentos
- 4) Identificação das regiões de maior potencial produtivo para instalação de novos povoamentos



Inovação e tecnologia para a floresta



Dynamized by
inov
INESC + INOVAÇÃO



Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

AVALIAÇÃO DO SISTEMA

- 1) Permite uma **visão da distribuição** das produções
- 2) **Permite uma densificação da rede de amostragem** aumentando a precisão de determinação da biomassa
- 3) Pode ser realizada dentro de um estrato **permitindo observar variação nas densidades ou na qualidade da estação**
- 4) Devem ser colocadas **parcelas adicionais no limite das manchas florestais**



Inovação e tecnologia para a floresta

Obrigado

Nuno Rocha Pedro

npedro@ipcb.pt



Desenvolvido por
inov



Faculdade de Ciências Agrárias
Escola Superior Agrária

30 de JUNHO de 2011