



Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologias

**Avaliação do potencial energético de cana (*Arundo donax* L.) no
Algarve**

Indalécia Catarina Lima Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Energias Renováveis e Gestão de
Energia

Trabalho elaborado sob a orientação de:
Professor Doutor Mário Manuel Ferreira dos Reis

2016

Avaliação do potencial energético de cana (*Arundo donax* L.) no Algarve

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores de trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Copyright © 2016 Indalécia Catarina Lima Silva

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

Mahatma Ghandi

Agradecimentos

Quero antes de mais manifestar a minha mais sincera gratidão a todos quantos contribuíram para que este trabalho se realizasse. Todos os incentivos e apoios recebidos foram essenciais para a concretização deste meu percurso, que doutra forma teria sido muito mais difícil de ser concluído.

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Manuel Ferreira dos Reis, pelo tempo dispensado e pela partilha de conhecimentos.

Ao Professor Nelson Sousa, do Instituto Superior de Engenharia pela colaboração e disponibilidade. Ao técnico superior Sérgio Cavaco, das piscinas Municipais de Faro, pela disponibilização de dados.

Aos meus familiares e amigos, pela compreensão de um tempo que lhes roubei. O incentivo e apoio demonstrado foram essenciais.

Em especial aos meus pais por serem modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, amizade e paciência. A vós dedico este trabalho.

Resumo

A redução da disponibilidade de recursos energéticos de origem fóssil e os problemas associados à sua exploração levam a uma busca constante por alternativas mais sustentáveis. É importante então haver estudos no sentido de encontrar outras formas de aproveitamento energético dos materiais e recursos que nos rodeiam.

A viabilidade da utilização da biomassa da cana (*Arundo donax* L.) para obtenção de energia tem sido avaliada. Alguns estudos apontam para que em cada hectare com cana sejam produzidas 20 – 25 toneladas de matéria seca por ano o que corresponde a aproximadamente 11 toneladas equivalentes de petróleo anuais.

Neste sentido pelo seu interesse como fonte renovável de energia, analisámos duas formas para produção da biomassa de cana: o aproveitamento das canas já existentes espontâneas ou a sua plantação como cultura energética. Tendo em conta a disponibilidade de cana no Algarve ou prevendo a sua plantação, calculou-se o preço da estilha produzida. Com os valores obtidos fez-se um estudo comparativo da substituição de gás natural como combustível em caldeiras de aquecimento de água, nomeadamente das piscinas municipais de Faro, e avaliou-se a viabilidade económica desta substituição.

Palavras-chave: biomassa, energia, caldeira, aquecimento.

Abstract

The reduction of the availability of fossil fuel energy sources as well as the problems associated to their exploitation takes us into a research for more sustainable alternatives. It is important to find another ways for utilization of materials and resources around us.

The viability of the use of biomass from cane (*Arundo donax* L.) for energy purposes has been evaluated. Some studies indicate that each hectare produces from 20 to 25 tons of dry matter per year. This corresponds to approximately 11 tonne of oil equivalent per year.

Due to its interest as renewable energy source, we can explore two ways to produce biomass from canes: utilization of the canes that grow spontaneously or their plantation has energy crop.

Taking into account the availability of canes in Algarve or their plantation, the price of the produced chips was calculated. With this values, we made a study of the substitution of natural gas as fuel in water heating boilers for chips and we evaluated the economic viability of that substitution in the municipal pools of Faro.

Key – words: biomass, energy, boiler, heating.

Siglas e Abreviaturas

CO₂ – Dióxido de carbono

GEE – Gases de efeito de estufa

ha – Hectare

PCS – Poder calorífico superior

PCI – Poder calorífico inferior

LFB – Leito fluilizado borbulhante

LFC – Leito fluilizado circulante

tep – Toneladas equivalentes de petróleo

t – Tonelada

Glossário

Matéria seca - é a parte que resta do peso de um material após a perda de toda a água que é possível extrair através de um aquecimento feito em condições controladas de laboratório.

Estilhagem – destroçamento de madeira por forma a produzir pequenas aparas (estilha).

Peletização – processo de produção de pellets; forma de aproveitamento energético da biomassa, onde podem ser reaproveitados resíduos como serragem, bagaço de cana, cascas, feno e outros tipos de resíduos de madeira.

Briquetagem – processo de compactação de resíduos no qual é destruída a elasticidade natural das fibras dos mesmos, do qual resultam os bríquetes.

Valor Actualizado Líquido (VAL) – soma de todas as entradas e saídas de dinheiro durante a vida útil de um projecto actualizada para o momento presente.

Taxa Interna de Retorno (TIR) – taxa de desconto de um investimento que torna o seu valor presente líquido nulo.

Retorno sobre o Investimento (ROI) – mede os rendimentos obtidos a partir de uma determinada quantia de recursos investidos. Mostra quanto a empresa ganhou ou perdeu em relação ao que investiu.

Inflacção – designa o aumento continuado e generalizado dos preços dos bens e serviços.

Risco sistemático – risco relacionado com o mercado em todo o seu conjunto, como por exemplo os aspectos políticos, sociais ou económicos do mundo, do país ou apenas do sector, ou ainda outros que alteram o comportamento da maioria dos investidores.

Índice

Introdução	12
1. Revisão da literatura	14
1.1 Biomassa.....	14
1.2 Caracterização da cana (<i>Arundo donax</i> L.).....	16
1.3 Tecnologias de aproveitamento energético da biomassa da cana.....	21
1.4 Área de estudo	27
1.4.1 Caracterização geográfica.....	28
1.4.2 Caracterização climática	29
1.5 Condições para o crescimento da cana	30
1.5.1 Altitude	30
1.5.2 Temperatura	31
1.5.3 Precipitação.....	31
2. Disponibilidade da cana na sua forma espontânea	33
2.1 Distribuição da cana no Algarve na sua forma espontânea	35
2.2 Equipamentos de recolha, transporte e métodos de armazenamento	37
2.3 Custos de equipamento e armazenamento	42
2.4 Metodologia para o cálculo do preço da estilha	44
3. Utilização da cana como cultura energética	47
3.1 Instalação da cultura energética	47
3.1.1 Preparação do solo	48
3.1.2 Obtenção das plantas e cultivo	48
3.1.2.1 Rega e outras operações culturais	50
3.1.3 Colheita.....	51
3.1.4 Custos de exploração de algumas culturas energéticas de cana na Europa.....	52
3.1.5 Possíveis custos da exploração de uma cultura de cana no Algarve	54
3.1.5.1 Metodologia para o cálculo do preço da estilha produzida	56
3.2 Legislação e incentivos à produção de biomassa	59
3.2.1 Legislação	59
3.2.2 Medidas de financiamento relacionadas com a biomassa	59
4. Caso de estudo – comparativo estilha de origem espontânea/cultivada com gás natural	60
5. Resultados e discussão.....	62
5.1 Preço da estilha recolhida	62
5.2 Preço da estilha produzida a partir de cultura de cana.....	64
5.3 Caso de estudo: comparativo da utilização da estilha de origem espontânea/cultivada com gás natural	68
6. Conclusões.....	71
7. Referências Bibliográficas	72

Anexos	80
Anexo I – Mapa da distribuição de cana espontânea no Algarve	80
Anexo II – Tabelas de apoio ao cálculo do preço da estilha e retorno dos investimentos	81
Anexo III – Especificações da caldeira e sistema de alimentação.....	90

Índice de figuras

Figura 1: Ciclo do CO ₂	15
Figura 2: Cana crescendo espontaneamente ao longo da berma da estrada.	16
Figura 3: Reprodução da cana: a) Micropropagação; b) Cultivo hidropónico; c) Rizomas (Corno <i>et al</i> , 2014).	18
Figura 4: Esquema do ciclo de vida da cana.	19
Figura 5: Tecnologias de conversão termoquímica da biomassa.	21
Figura 6: Equipamentos de combustão à escala doméstica.	24
Figura 7: Principais tecnologias de combustão à escala industrial.....	24
Figura 8: Esquema dos componentes de uma caldeira industrial.	25
Figura 9: Área de estudo.....	27
Figura 10: Carta hipsométrica do Algarve	28
Figura 11: Cana na bordadura de uma estrada.	34
Figura 12: Mapa de avistamentos de cana no Algarve.....	36
Figura 13: Distribuição de cana no Algarve.....	36
Figura 14: a) Equipamento de recolha de milho; b) Estilhas da cana.	38
Figura 15: Equipamento de trituração com alimentação manual.	38
Figura 16: Sistemas de ventilação	39
Figura 17: Estufa com ventilação lateral.	41
Figura 18: Abertura de valas para plantação.	48
Figura 19: a) Obtenção dos rizomas; b) Corte dos rizomas.	49
Figura 20: a) Plantação dos rizomas nas valas; b) Cobertura e nivelamento do solo.....	50

Índice de tabelas

Tabela 1: Aspectos socio-económicos associados à produção e utilização da biomassa.	15
Tabela 2: Produtividade da cana segundo alguns autores	20
Tabela 3: Análise da biomassa da cana	26
Tabela 4: Emissões biomassa da cana.	27

Tabela 5: Condições de crescimento da cana (<i>Arundo donax</i>) vs condições da área de estudo.....	32
Tabela 6: Área ocupada pela cana no Algarve,segundo o Mapa de avistamentos (Fig. 12).....	37
Tabela 7: Limitações legais em Portugal para transporte de biomassa.	42
Tabela 8: Custos de equipamento e armazenamento.....	43
Tabela 9: Principais características, requisitos agrícolas e efeitos agro-ambientais de uma cultura de cana	52
Tabela 10: Análise do custo da produção de cana (€/t seca).....	53
Tabela 11: Análise dos custos de colheita e transporte (€/t seca).	53
Tabela 12: Custos médios de equipamento para a exploração de uma cultura energética no Algarve.	55
Tabela 13: Consumo de gás natural em 2015.....	61
Tabela 14: Evolução do investimento, custos e rendimentos consoante a área de colheita.	62
Tabela 15: Variação dos rendimentos mensais anuais para uma colheita de 8 ha.	64
Tabela 16: Investimento, custos, rendimentos e retorno do investimento.....	65
Tabela 17: Variação dos rendimentos ao longo de 5 anos.	66
Tabela 18: Preço do transporte secundário em função da distância.	67
Tabela 19: Quantidade de estilha e poupança em relação ao gás natural.....	68
Tabela 20: Investimento em equipamento (caldeira e sistema de alimentação).....	69
Tabela 21: Dados para o cálculo do volume de armazenamento.	69
Tabela 22: Manutenção de equipamento.	70
Tabela 23: Retorno do investimento.....	70

Índice de gráficos

Gráfico 1: Precipitação e temperatura na Região do Algarve.	30
Gráfico 2: Temperatura de crescimento da cana vs temperaturas médias mensais	33
Gráfico 3: Variação do teor de humidade consoante o método de armazenamento.....	40
Gráfico 4: Perda de matéria seca consoante o método de armazenamento.	40
Gráfico 5: Evolução do investimento, custos e rendimentos consoante a área colhida.	63
Gráfico 6: Distribuição percentual dos custos.....	65

Introdução

O consumo energético mundial tem vindo a aumentar nos últimos anos, com grande dependência do petróleo, o que directa e indirectamente tem implicações no ambiente. Destas implicações, pode-se salientar o aumento da temperatura média da Terra por efeito de estufa, provocado pela emissão de gases de efeito de estufa (GEE), emitidos pela queima de combustíveis fósseis, ou mesmo por processos industriais e alguns processos agrícolas (Andrade, 2009). Além disso, as reservas mundiais de energia primária, nomeadamente do petróleo, carvão e gás natural, são finitas. Tendo como referência o ano de 2007, estima-se que as reservas mundiais de petróleo e gás natural sejam, respectivamente, suficientes para 40 e 60 anos. Quanto às reservas existentes de carvão, também tendo como referência o ano de 2007, estima-se que ultrapassem os 250 anos (Caterpillar, 2007; Andrade, 2009).

Portugal não foge à tendência mundial de aumento de consumo de energia e entre 1990 e 2008 verificou-se um aumento do consumo de 66 % (10,915 ktep para 17,508 ktep), principalmente de energia eléctrica (Direcção Nacional das Fileiras Florestais, 2010).

Existe por isso a necessidade de procurar alternativas, que reduzam a utilização das energias convencionais, associadas principalmente ao petróleo. Neste sentido tem-se vindo a explorar soluções, como a utilização de energia solar, eólica, geotérmica, entre outras. Em Portugal, o Plano Nacional das Energias Renováveis imposto pela Directiva das Energias Renováveis (2009/28/CE) define uma meta de 31 % de incorporação de energia de fontes de energia renováveis no consumo de energia final, além de uma meta de utilização de 10 % de energias renováveis nos transportes, até 2020. Neste contexto, a utilização da biomassa poderá ter um papel relevante.

No âmbito da recente reforma da Política Agrícola Comum (PAC), que consta no Regulamento (CE) nº 1782/2003 do Conselho Europeu de 29 de Setembro de 2003, que estabelece determinados regimes de apoio aos agricultores, foi estabelecida uma

ajuda específica às culturas energéticas de 45 € anuais por hectare instalado. Para tal, foi criada uma Superfície Máxima Garantida (SMG) para a União Europeia de 1 500 000 ha à qual pode ser concedida a ajuda. Se a superfície total para a qual é pedida ajuda ultrapasse a SMG, a superfície por agricultor é reduzida proporcionalmente à superação, no ano em questão. Para que seja concedida a ajuda, é necessário um contracto entre o agricultor e um transformador, excepto nos casos em que a transformação seja feita pelo próprio agricultor na exploração.

1. Revisão da literatura

1.1 Biomassa

Biomassa, segundo a Directiva 2003/30/CE, de 8 de Maio é a “fracção biodegradável de produtos e resíduos provenientes da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da silvicultura e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos”.

Dias (2002) refere que a quantidade total de resíduos de biomassa produzidos em Portugal, nomeadamente os resíduos florestais, agrícolas, agro-industriais e de indústrias transformadoras da madeira e da cortiça, são cerca de 5630 mil toneladas secas por ano e que, desse conjunto, 2628 mil toneladas secas por ano se encontram disponíveis para produção de energia térmica, por exemplo através da combustão.

No entanto, a biomassa pode ser obtida de outra forma sem ser através dos resíduos, nomeadamente através de culturas energéticas, isto é culturas dedicadas à produção de biomassa para utilização como fonte de energia (Direcção da Fileiras Florestais, 2010; Allen *et al*, 2014). Desde os anos 70, que o interesse em culturas energéticas de obtenção de biomassa tem crescido, pois representam uma forma relevante para obtenção de parte da energia necessária na Europa e ao mesmo tempo reduzir as emissões de CO₂ (Venendaal *et al*, 1997; Hanegraaf *et al*, 1998), desde que exploradas com base em boas práticas agrícolas e ambientais (Moura, 2005). Um esquema do ciclo do CO₂ na exploração de uma cultura energética, ou da biomassa em geral, é apresentado de seguida:



Figura 1: Ciclo do CO₂.
Adaptado de: FELTRE, 2009.

No ambiente Mediterrâneo, as gramíneas perenes são as principais candidatas a culturas energéticas, pois apresentam elevados níveis de produtividade e crescimento e grande adaptação ao ambiente (Petrini *et al*, 1996; Vecchiet *et al*, 1996; Maryan, 1997).

No que diz respeito aos aspectos socio-económicos da produção e utilização da biomassa à escala local, Domac *et al* (2005) enumeram as seguintes vantagens:

Tabela 1: Aspectos socio-económicos associados à produção e utilização da biomassa.
Adaptado de: Domac *et al*, 2005.

Dimensão	Vantagens
Social	Aumento do nível de vida
	Ambiente
	Saúde
	Educação
	Coesão Social e estabilidade
	Efeitos de migração
	Desenvolvimento regional
Macro escala	Diversificação rural
	Segurança no abastecimento/Diversificação do risco
	Crescimento regional
	Balança comercial regional reduzida
Oferta	Potencial de exportação
	Aumento de produtividade
	Melhoria da competitividade
Procura	Trabalho e mobilidade da população (efeitos induzidos)
	Infra-estruturas melhoradas
	Emprego
	Criação de riqueza
	Investimento induzido
	Apoio a indústrias conexas

1.2 Caracterização da cana (*Arundo donax* L.)

A cana (*Arundo donax* L.) é uma espécie vivaz, de grande porte (Figura 2), da família das Gramíneas, que se julga ser proveniente da Europa oriental e da Ásia temperada e tropical (Marchante & Marchante, 2005; Odero *et al*, 2008). É uma planta com fotossíntese do tipo C₃ mas apresenta taxas fotossintéticas extremamente elevadas (Lewandowski *et al*, 2003; Papazoglou *et al*, 2005) devido ao elevado nível de saturação luminosa do sistema fotossintético (mais elevado que em outras plantas C₃), o que permite grande acumulação de biomassa (Papazoglou *et al*, 2005).



Figura 2: Cana crescendo espontaneamente ao longo da berm da estrada.

A cana distribui-se por todo o país, excepto em regiões de grande altitude. Portugal tem excelentes condições ecológicas para o crescimento desta espécie, confirmado pela sua disseminação espontânea nas regiões costeiras e ao longo dos cursos de água (Santos, 2006). Acredita-se que tenha sido introduzida no país devido à utilidade dos seus caules na agricultura, nomeadamente na construção de sebes, empregues como barreiras para o vento para proteger outras culturas ou mesmo estacas de apoio para outras culturas (El Bassam, 1996; Marchante & Marchante, 2005). Os seus caules podem atingir entre 2 a 6 m de altura e 1 a 3,5 cm de diâmetro (Marchante

& Marchante, 2005) e podem formar colónias de grande extensão (Mavrogianopoulos *et al*, 2002; Lewandowski *et al*, 2003).

Os fragmentos de rizomas e caules da cana são facilmente transportados por cursos de água, junto dos quais esta espécie geralmente se encontra (Boose & Holt, 1999). No entanto, pode também ser encontrada em solos relativamente secos e inférteis, à beira de estradas e de campos, onde cresce com sucesso. Pode ser cultivada em quase todo o tipo de solos, desde os leves (arenosos), aos húmidos e até mesmo em solos compactos (El Bassam, 2010; Ceotto *et al*, 2010).

Entre Agosto e Novembro, a cana emite uma inflorescência em forma de pluma que produz sementes estéreis, pelo que a cana se reproduz apenas de forma vegetativa mas a uma taxa de bastante elevada (Angelini *et al*, 2009; Ceotto *et al*, 2010). Por isso, a cana pode propagar-se através do enraizamento dos entrenós quando as canas se partem e/ou caem e ficam em contacto com o solo. Se existirem condições adequadas no solo, as canas ou os seus fragmentos produzem raízes a partir dos nós, que permitem o desenvolvimento de novos indivíduos (Boland, 2006). Os métodos de propagação mencionados anteriormente ocorrem espontaneamente na Natureza. Para a produção de das canas para serem utilizadas como cultura energética, há possibilidade de utilização de técnicas de propagação em cultivo hidropónico, baseadas na capacidade natural da planta se desenvolver a partir dos nós (Ceotto *et al*, 2010; Pilu *et al*, 2014), e de micropropagação, que é uma técnica de reprodução *in vitro* da cana (Takashi *et al*, 2010). As formas de reprodução são ilustradas na Fig. 3.

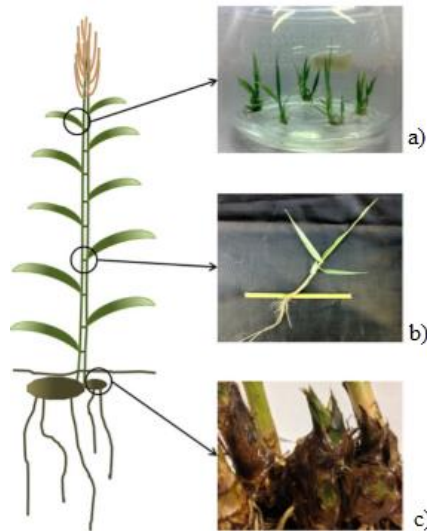


Figura 3: Reprodução da cana: a) Micropropagação; b) Cultivo hidropônico; c) Rizomas (Corno *et al*, 2014).

Na Primavera, o crescimento é rápido e a produção de biomassa é tal que a cana tem o estatuto de uma das maiores herbáceas do mundo: atinge entre 2 a 8 m de altura (Perdue, 1958) e em algumas zonas de climas temperados e subtropicais, dependendo da disponibilidade de água, pode atingir uma altura superior a 9 m (Giessow *et al*, 2011). O aparecimento de novas canas acontece sobretudo no início do Verão. A floração ocorre desde Agosto até Outubro, consoante as condições climáticas. O envelhecimento começa no final de Novembro e prolonga-se nos meses de Inverno: as canas ficam amarelas, mas não morrem. Em Fevereiro, as canas recomeçam a actividade vegetativa, originando ramos secundários, que surgem antes dos novos lançamentos dos rizomas. Nesta fase o rizoma tem um papel importante, uma vez que disponibiliza nutrientes permitindo o rápido crescimento (Nassi o di Nasso *et al*, 2013). Um esquema do ciclo de vida da cana é apresentado na Fig. 4.

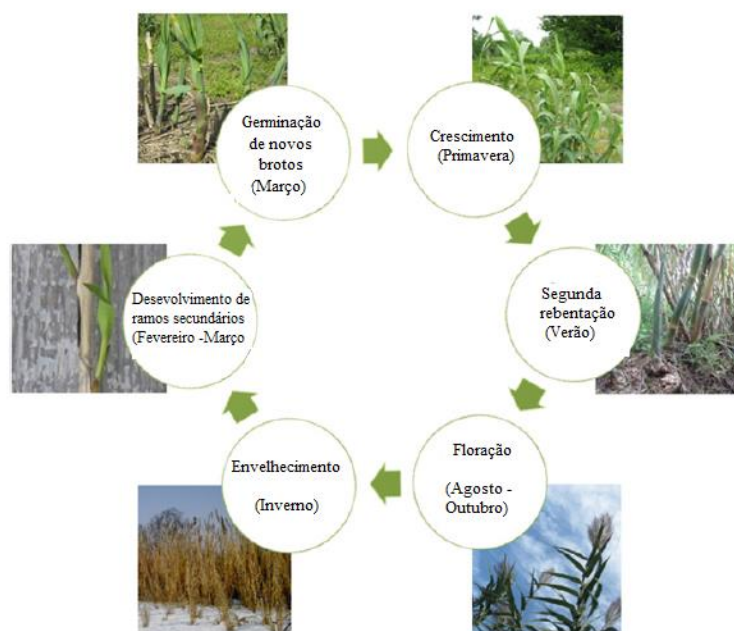


Figura 4: Esquema do ciclo de vida da cana.
Adaptado de: Corno *et al*, 2014.

A colheita dos caules deverá ser feita anualmente no Outono, como ocorre noutras regiões do sul da Europa, e antes de entrar no estado de envelhecimento (Inverno), evitando assim a perda de matéria seca (El Bassam, 1996).

Não está listada como invasora no Decreto-Lei 565/99 de 21 de Dezembro, mas revela comportamento invasor em Portugal Continental, principalmente em ecossistemas ribeirinhos, e compromete a existência de espécies florestais como os salgueiros, os amieiros ou os choupos devido à substituição da vegetação nativa através do aumento da frequência dos fogos (Marchante & Marchante, 2007; Plantas Invasoras em Portugal, 2013), pelo que merece especial cautela a escolha do local de cultivo. Brás *et al* (2006) alertam mesmo que, apesar das potencialidades da cana, quer produtivas quer de utilizações finais, é necessária prudência na adopção do seu cultivo.

Não são necessários grandes cuidados depois de estabelecida, o que reduz os custos associados à sua exploração até ao período da colheita, com excepção de alguma

rega e fertilização que possam ser necessárias em alguns climas ou solos (El Bassam, 1996). A colheita, em plantações para energia ou produção de celulose, é anual e no Outono. Tem uma elevada produtividade de biomassa lenhocelulósica (Ceotto *et al*, 2010), crescendo 0,3 a 0,7 m por semana (Lewandowski *et al*, 2003). Esta velocidade de crescimento deve-se ao facto de, apesar de ser uma planta do tipo C₃, ter o desenvolvimento típico de uma planta C₄ (Papazoglou *et al*, 2005, 2007). Santos (2006) refere que, em condições naturais, têm sido registadas produções consideravelmente elevadas de 10 a 20 t/ha (em peso seco) em solos pouco férteis, medianamente férteis e em solos férteis.

A produtividade de culturas energéticas da cana foi estudada por alguns autores que obtiveram os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Produtividade da cana segundo alguns autores (Amaral, 2014).

Autores	País	Produção de biomassa t matéria seca/ha e ano
Faix <i>et al.</i> (1989)	França	20 - 25
Angelini <i>et al.</i> (2005)	Itália (Pisa)	26,3 ⁽¹⁾
Hidalgo (2000)	Espanha (Madrid)	29,6 - 63,1
Christou <i>et al.</i> (2001)	Grécia	20 - 39
Consentino <i>et al.</i> (2006)	Itália	10,6 ⁽²⁾ - 22,1 ⁽³⁾
Angelini <i>et al.</i> (2009)	Itália	37,7
Mantineo <i>et al.</i> (2009)	Itália (Sicília)	6,1 ⁽²⁾ - 38,8 ⁽³⁾

(1) Médias de 2 a 6 anos; ⁽²⁾ 1º ano; ⁽³⁾ 2º ano;

O poder calorífico da biomassa de cana é estimado em cerca de 3 600 kcal/kg de matéria seca (Dalianis *et al*, 1994). Com base nesses valores estima-se que a energia potencial da cana seja cerca de 11,8 tep/ha.ano.

1.3 Tecnologias de aproveitamento energético da biomassa da cana

Existem várias tecnologias de conversão da biomassa em energia, sendo uma delas a termoquímica, através de: combustão, gaseificação ou pirólise. A conversão termoquímica permite a produção de calor, electricidade, ou ambos. Um esquema das diferentes tecnologias de conversão termoquímica da biomassa é apresentado de seguida:

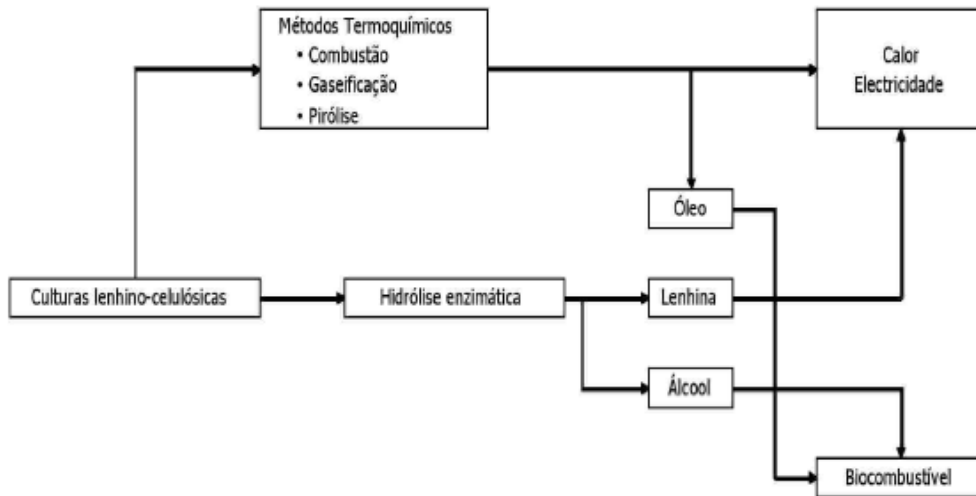


Figura 5: Tecnologias de conversão termoquímica da biomassa (Brás *et al*, 2006).

Actualmente, a forma de conversão da biomassa mais utilizada é a combustão directa (Broek *et al*, 1996; Dermibas, 2001; Peterson & Haase, 2009). Este é o método mais simples de extracção de energia da biomassa (Sriram & Shahidepour, 2005).

A combustão é uma sequência de reacções químicas, onde um combustível se dissocia para se recombinar com um oxidante, geralmente o oxigénio. A combustão é fortemente exotérmica, libertando calor que pode ser utilizado para produzir energia. De facto, a combustão da biomassa é semelhante à dos combustíveis fósseis. Esta combustão liberta gases a temperatura entre 800 °C a 1000 °C, e pode ser aplicada a

qualquer tipo de biomassa, mas o processo só é eficaz para um teor de humidade da biomassa abaixo de 50 % (McKendry, 2002). A combustão da biomassa pode ser modelada como a sequência das seguintes fases: ignição, secagem, pirólise e combustão. A importância relativa destas fases varia de acordo com as propriedades do combustível e o tipo de queimador. Na combustão em grandes instalações, estas fases podem ocorrer simultaneamente, enquanto que à pequena escala essas fases ocorrem separadamente (Van Loo & Koppejan, 2008).

A combustão pode ser utilizada em diferentes escalas para converter a energia da biomassa em calor e/ou electricidade, através de um ciclo de vapor (Dermibas, 2001). Nas aplicações para aproveitamento térmico, o gás resultante da combustão circula num permutador de calor, permitindo a transferência de energia térmica do gás para a água da caldeira. Como resultado, temos água quente para usos sanitários e/ou aquecimento. Na aplicação para produção de electricidade, é gerado vapor a alta pressão e temperatura, a partir do contacto com o gás de combustão, em tubos de água circulante. Na turbina, a expansão do vapor através das hélices gera energia mecânica. O movimento circular acciona um alternador que gera a corrente eléctrica. Na co-geração, o princípio é a produção de energia térmica e eléctrica a partir do mesmo combustível. O processo é baseado no aproveitamento da energia térmica do gás de exaustão da turbina a vapor. A energia térmica é obtida a partir de um condensador de vapor de exaustão ou da água quente gerada num permutador de calor, sendo esta é uma aplicação mais industrial. A água quente produzida também pode ser utilizada para consumo sanitário ou para aquecimento residencial (Lozano, 2009).

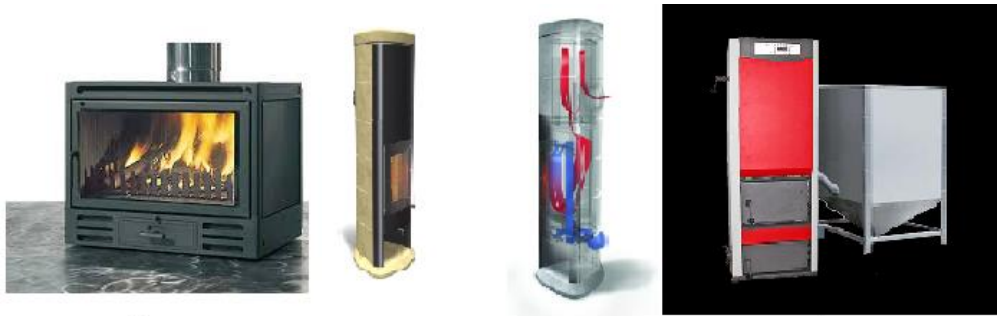
Um conceito importante no estudo da combustão é o de “poder calorífico”, que se define como a energia libertada por unidade de massa ou volume de um combustível, quando este é completamente queimado (Sheng & Azevedo, 2004). É uma das mais importantes propriedades dos combustíveis e é utilizado quer para cálculos de dimensionamento, quer para simulação numérica de sistemas térmicos de conversão de

biomassa. O poder calorífico de um combustível pode ser de dois tipos, poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI). O PCS refere-se à situação na qual é condensada a água libertada durante a combustão e devido a esta condensação, todo o calor do combustível, incluindo o calor sensível e o calor latente (aproveitado pela condensação) são contabilizados. O PCI é obtido quando a água, libertada durante a combustão, se liberta para o exterior na forma de vapor, ou seja, o vapor não é condensado e por isso não se aproveita o seu calor latente, não sendo por isso contabilizado no poder calorífico do material (Sheng & Azevedo, 2005).

A cana, quando seca, e por combustão directa, tem um PCS de aproximadamente 18 608 kJ/kg de matéria seca (Odero *et al*, 2008) e um PCI de 16 700 kJ/kg de matéria seca (Fiala, 2009).

Os objectivos dos sistemas e equipamentos de combustão são: fornecer combustível e ar; facilitar a distribuição e a mistura de combustível com o ar; iniciar a ignição e manter a combustão; secar e volatilizar o combustível; posicionar as chamas nas áreas onde é necessário calor, e alcançar níveis elevados de queima com baixa emissão de poluentes. A escolha do equipamento depende do tipo, quantidade e características do combustível (biomassa) e a forma desejada de energia (calor ou electricidade) (Werther *et al*, 2000).

Existem várias tecnologias de combustão da biomassa, consoante a potência pretendida. Nas aplicações domésticas incluem-se as lareiras, os fornos e as caldeiras (Fig. 6). O seu desenho e tamanho variam consoante o tipo de preparação prévia da biomassa: estilhagem, peletização ou briquetagem (Van Loo & Koppejan, 2008).



①

②

③

1 – Lareira; 2 - Forno com armazenamento de calor; 3 - Caldeira

Figura 6: Equipamentos de combustão à escala doméstica.

Fontes: <http://www.archiexpo.com/>; <http://www.industrialpartners.eu>; <http://www.solarwaters.pt>

Nas aplicações industriais e de aquecimento urbano, incluem-se os equipamentos de combustão de leito fixo (forno com grelha), de leito fluilizado (leito fluilizado borbulhante (LFB) ou leito fluilizado circulante (LFC)) e os de pulverização de combustível (Fig. 7). Todos têm sistema de alimentação automático (Van Loo & Koppejan, 2008).

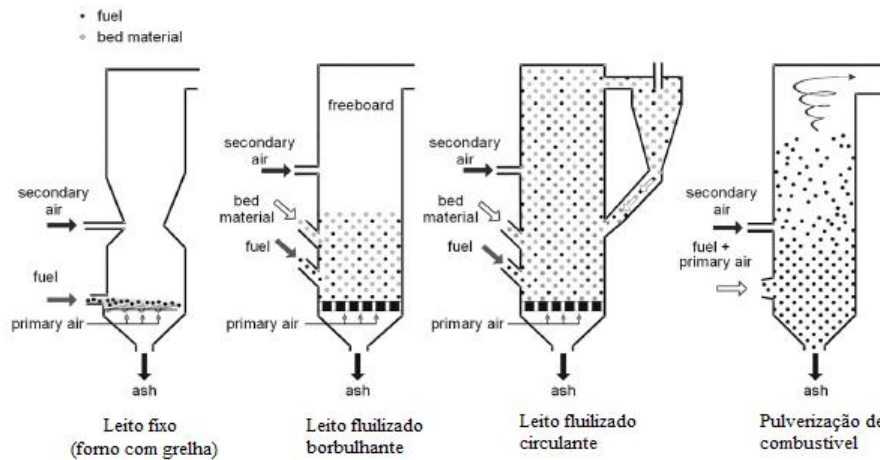


Figura 7: Principais tecnologias de combustão à escala industrial (Marutzky & Seeger, 1999).

No esquema seguinte são apresentados os componentes de uma caldeira industrial.

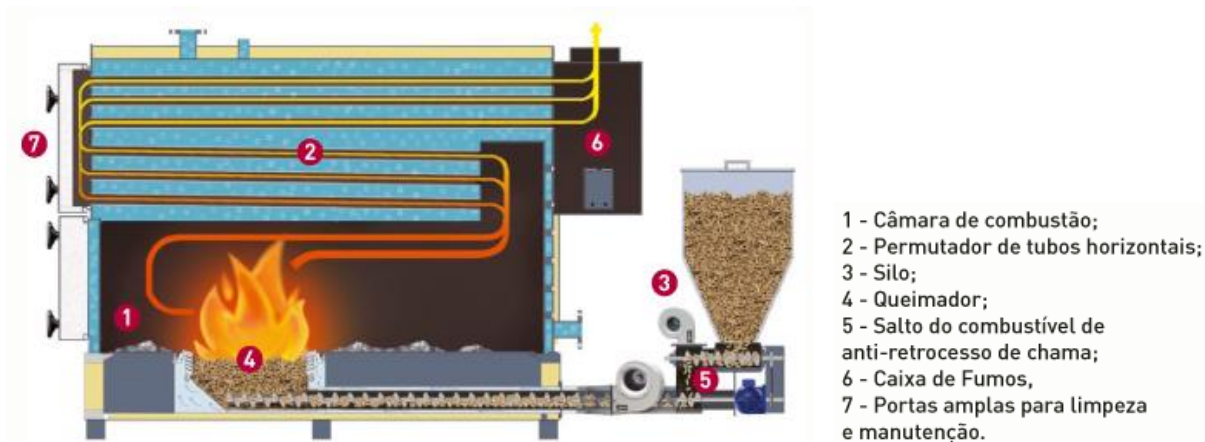


Figura 8: Esquema dos componentes de uma caldeira industrial.

Fonte: <http://www.solarwaters.pt/caldeira-de-biomassa-industriais/quioto-industrial>

No caso específico da biomassa utilizada para aquecimento ambiente a nível doméstico, ou produção de electricidade a nível industrial, o rendimento varia consoante o processo e a tecnologia utilizada para a sua conversão em calor ou electricidade. No aquecimento ambiente os rendimentos no consumidor podem variar entre 15 % e 90 %, e na produção de electricidade, entre 20 % e 30 %, ou 60 % no caso de utilização de co-geração (Ferreira dos Santos, 2006).

Na combustão da cana, foram identificados alguns problemas que estão relacionados com a composição química dos tecidos, nomeadamente a quantidade de cinza, o que reduz a eficiência da conversão térmica (Coulson *et al*, 2004). A fracção da planta que contém maior quantidade de cinza é as folhas, portanto uma colheita precoce irá ser sinónimo de maior produção de cinzas (Coulson *et al*, 2004).

Um dos testes laboratoriais da combustão da cana foi realizado por Dahl & Obernberger (2004), que obtiveram os seguintes resultados na sua análise da combustão da biomassa:

Tabela 3: Análise da biomassa da cana (Dahl & Obernberger, 2004).

	SG	GR	MI*	CA**	WP
[wt% d.b.]					
Ash	8.3	6.1	2.3	17.4	0.50
N	0.67	0.71	0.16	1.1	0.08
[mg/kg (d.b.)]					
Si	14,991	13,920	7,305	21,142	< 400
Ca	6,555	3,253	1,776	19,025	938
K	12,756	6,497	1,446	21,546	484
Na	924	331	58	10,330	30
Mg	2,223	1,627	644	3,936	152
Al	763	919	82	4,445	n.a.
S	735	2,160	390	1,566	73
Cl	1,511	2,245	880	17,780	53
[MJ/kg (d.b., a.f.)]					
GCV	17.8	19.8	19.6	20.3	20.3
[kg d.b./m³]					
Bulk dens.	585	116	117	561	644

Legenda: SG: Switchgrass; GR: Giant Reed; MI: Miscanthus; CA: Cardoon; WP: Wood pellets; d.b.: dry basis; a.f.: ash free; GCV: Gross calorific value. Ash, cinzas; N, azoto total; Si, sílica; Ca, Cálcio; K, potássio; Na, Sódio; Mg, Magnésio; Al, Alumínio; S, Enxofre; Cl, Cloro.

As culturas perenes, com é o caso da cana, quando comparadas com as anuais, contêm maiores concentrações de azoto, que origina maiores emissões de NO_x (óxidos de azoto) (Dahl & Obernberger, 2004).

Tabela 4: Emissões biomassa da cana (Dahl & Obernberger, 2004).

	SG	GR	MI	WP	limit
	[mg/Nm ³ (13% O ₂ , d.b.)]				
Total dust	58	102	27	21	150
< 1µm	50	67	16	16	
NOx	368	363	187	106	*350 **250
HCl	18	67	59	3	
SO ₂	91	278	53	3	
CO	145	443	55	1	250

Legenda: <1µm: emissão de partículas <1µm (aerossóis), limites: valores-limite austríacos para desperdícios de madeira* não tratada quimicamente ou madeira natural** em instalações de combustão (100-350 kW) (Van Loo & Koppejan, 2008). SG: Switchgrass; GR: Giant Reed; MI: Miscanthus; CA: Cardoon; WP: Wood pellets; GCV: Gross calorific value. NOx, Óxidos de azoto; HCl, Ácido clorídrico; SO₂, Dióxido de enxofre; CO, Monóxido de carbono.

1.4 Área de estudo

A área de estudo escolhida foi a região do Algarve, apresentada na Fig. 9.

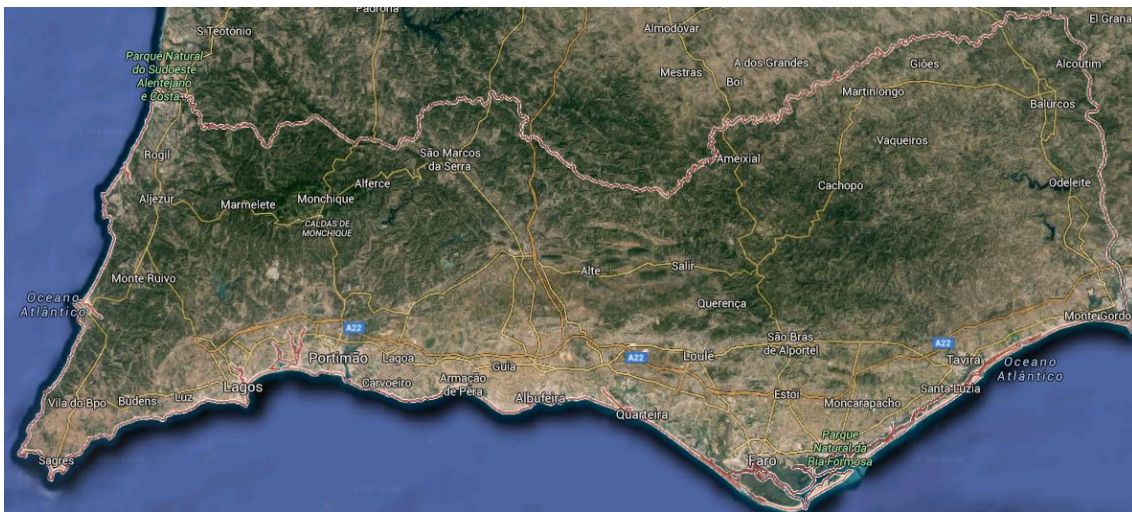


Figura 9: Área de estudo (Fonte: Google Earth).

1.4.1 Caracterização geográfica

Situado na região mais meridional de Portugal, o Algarve é limitado a Norte pelo Baixo Alentejo, a Oeste e Sul pelo oceano Atlântico e a Este pelo rio Guadiana, abrangendo uma área de cerca de 4 991 km², repartido por 16 concelhos (CCDRA, 2004).

A altitude média do Algarve é de 150 m, sendo as maiores altitudes atingidas na Fóia aos 902 m e na Picota aos 774 m (Serra de Monchique). Cerca de 23 % da área total da região situa-se abaixo dos 50 m de altitude. A área compreendida entre 50 m e 100 m de altitude é da mesma ordem de grandeza (21 %). As altitudes entre os 100 m e os 300 m correspondem a cerca de 43 % e apenas 12 % da superfície se situa acima dos 300 m. As áreas acima dos 500 m, que correspondem ao maciço da Serra de Monchique, não chegam a atingir 1 % (Direcção-Geral dos Recursos Florestais, 2011). A carta hipsométrica do Algarve pode ser observada na Fig. 10.

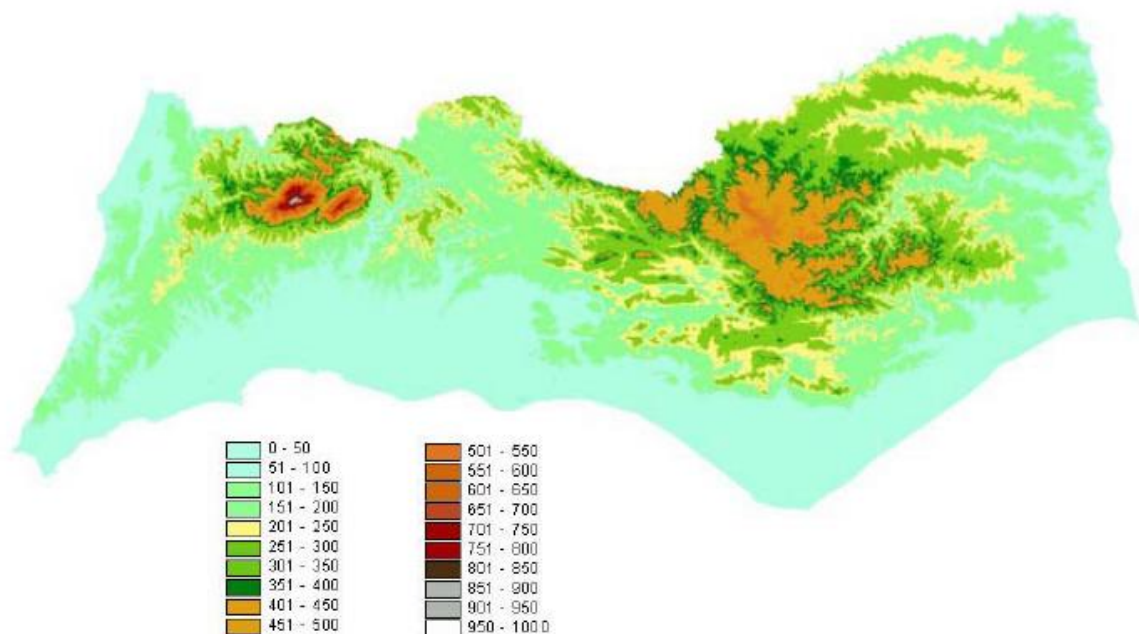


Figura 10: Carta hipsométrica do Algarve (DRAPALG, 2004).

1.4.2 Caracterização climática

O Algarve apresenta um clima do tipo mediterrânico, que é caracterizado pela existência de um semestre chuvoso que coincide com a estação fria e um semestre seco na época quente.

As regiões com maiores valores da precipitação anual são as montanhosas e a região com valores mais baixos é o litoral. Em média, a precipitação anual varia entre 406 – 1277 mm, com o valor médio ponderado de 653 mm para todo o Algarve. No que respeita à variação mensal, cerca de 80 % da precipitação ocorre no semestre húmido e 20 % no semestre seco. Em termos médios o mês mais chuvoso é o de Dezembro, com cerca de 17 % da precipitação anual, seguido dos meses de Novembro e de Janeiro, com cerca de 15 %. Os meses menos chuvosos são os de Julho e Agosto, com menos de 1 % da precipitação anual média, seguindo-se Junho e Setembro com, respectivamente, 2 % e 3 % (CCDRA, 2004). Quanto à temperatura do ar, observa-se que os valores máximos (correspondentes às médias das temperaturas máximas) ocorrem nos meses de Julho e Agosto, com 32 °C. A temperatura mínima ocorre no mês de Janeiro, 5,8 °C (Oliveira, 2015).

Esses valores podem ser observados no gráfico 1, construído a partir de dados recolhidos na rede de estações meteorológicas convencionais e na rede de estações meteorológicas automáticas do Algarve.

Os dados representam as médias mensais das médias das temperaturas máximas e mínimas do ar e médias dos somatórios mensais da precipitação, entre os anos de 1986 e 2013 (Oliveira, 2015).

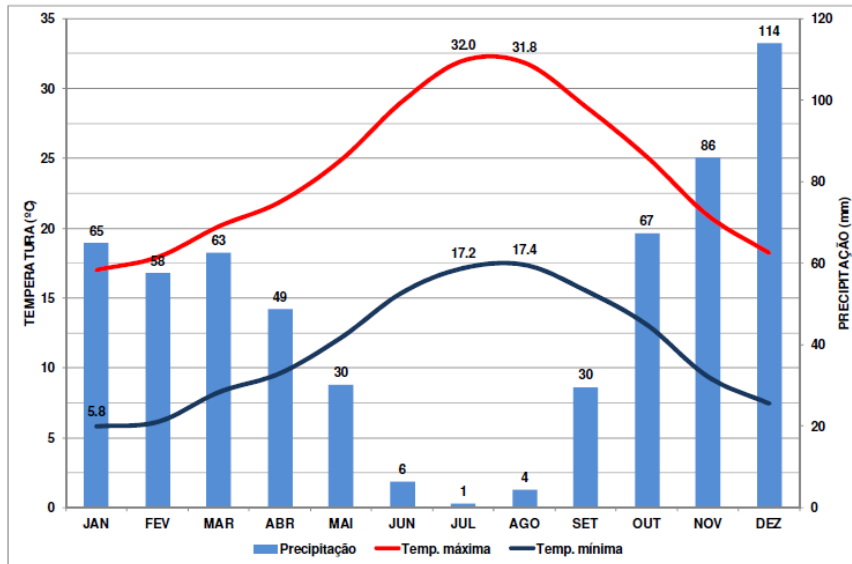


Gráfico 1: Precipitação e temperatura na Região do Algarve (Oliveira, 2015).

1.5 Condições para o crescimento da cana

A cana é extremamente tolerante a diferentes climas, podendo crescer e sobreviver sob uma grande variedade de condições ambientais (Duke, 1975). Apesar disto, é importante averiguar quais os factores mais favoráveis ao seu crescimento e propagação para determinar os locais com condições mais propícias ao seu crescimento.

1.5.1 Altitude

A cana tende a crescer em zonas ribeirinhas, onde o solo é suficientemente húmido. Em regiões mais húmidas, é normal encontrá-la longe dessas zonas,

nomeadamente em encostas, florestas e ao longo de estradas, até 200 m de altitude (Smith, 1979).

Em Portugal, a partir da análise de registos geográficos da espécie, foi possível a construção do perfil de altitude, com base em 331 registos. Foi observado o crescimento da cana até aos 464 m (Flora-On, 2015). Mesmo assim é mais frequente encontrar a cana na sua forma espontânea em altitudes mais baixas, sendo que em altitudes mais elevadas e até aos 464 m, só será possível observá-la pontualmente. A partir dos 464 m não será possível o seu crescimento.

No Algarve e relativamente à altitude, a cana encontrará boas condições de crescimento em praticamente toda a região (99 % da área).

1.5.2 Temperatura

Segundo Perdue (1958), a cana “é uma espécie de temperatura amena a subtropical”, mas “não floresce em condições verdadeiramente tropicais” e que “sofre danos com geadas”. A cana não sobrevive em zonas com períodos prolongados ou regulares de temperaturas baixas (DiTomaso & Healy, 2003), sendo as temperaturas médias anuais toleradas situadas entre 9 °C e 29 °C (Duke, 1975), o que abrange todo o Algarve.

1.5.3 Precipitação

A cana tolera valores de precipitação anuais entre 300 mm e 4000 mm (Duke, 1975; DiTomaso, 1998).

Para melhor interpretação dos dados de crescimento, apresenta-se de seguida uma tabela com as condições favoráveis ao crescimento da cana e as condições que caracterizam a área de estudo:

Tabela 5: Condições de crescimento da cana (*Arundo donax*) vs condições da área de estudo.

	Condições para o crescimento da cana	Algarve
Altitude	até 464 m	150 m (média)
Precipitação média anual	300 – 4 000 mm	406 – 1 277 mm
Média da temperatura máxima	29 °C	32 °C (Julho e Agosto)
Média da temperatura mínima	9 °C	5,8 °C (Janeiro)

Relativamente à temperatura do ar, comparando as condições da área de estudo com as exigências de crescimento da cana, verifica-se que acima de 500 m, apenas na zona que corresponde ao maciço da Serra de Monchique (cerca de 1 % da área total da região), não deverá ser possível observar esta espécie. Quanto à precipitação anual, observa-se que a ocorrida no Algarve está dentro do intervalo de valores ideais para o crescimento da cana. Mesmo assim, será espectável encontrar a cana mais próxima de zonas húmidas e ao longo das margens dos cursos de água, onde haverá disponibilidade de água durante mais tempo ao longo do ano, e as mobilizações de solo para as actividades agrícolas ocorrem com menos facilidade.

Atendendo à temperatura, e recorrendo ao gráfico apresentado anteriormente, delimitou-se-se o intervalo de temperatura no qual o crescimento da cana é favorecido (faixa a amarelo) (Gráfico 2).

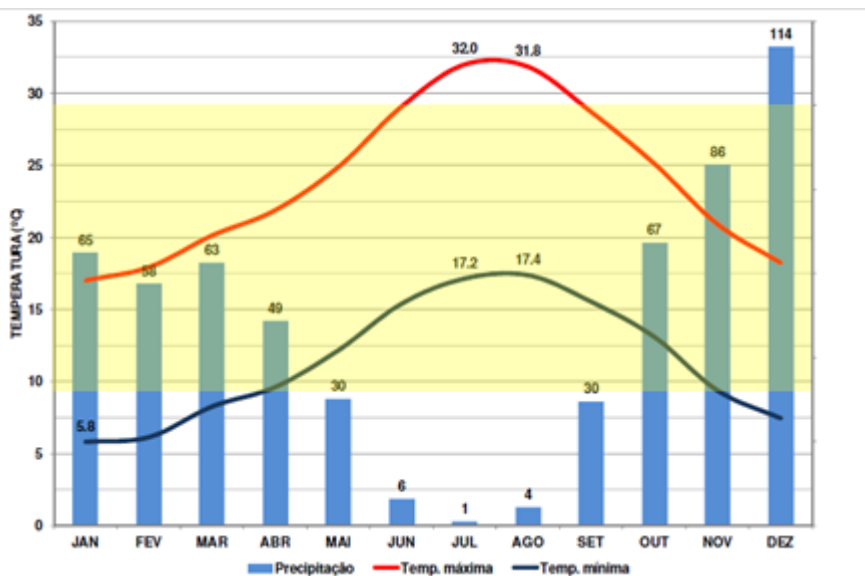


Gráfico 2: Temperatura de crescimento da cana vs temperaturas médias mensais. Os valores de temperatura dentro da zona a amarelo são os ideais para o crescimento da cana.

Adaptado de: Oliveira, 2015.

Analisando o gráfico 2, pode-se concluir que os meses onde as temperaturas são menos favoráveis ao seu crescimento da cana são: Janeiro e Fevereiro (temperaturas médias mínimas inferiores a 9 °C); Julho e Agosto (temperaturas médias máximas superiores a 29 °C). Nos restantes meses as temperaturas são favoráveis.

2. Disponibilidade da cana na sua forma espontânea

O grande problema da cana é o seu comportamento invasor junto a cursos de água, zonas ripícolas, ao longo de diques, zonas húmidas, paúis e zonas pantanosas costeiras, o que é facilitado pela sua reprodução vegetativa a partir de rizomas que se encontram próximos da superfície e que são facilmente transportados nos cursos de água (Lewandoswky, 2003; Benton *et al*, 2005; Marchante & Marchante, 2005; El Bassam, 2010), sendo também muito frequente na margem de estradas e zonas agrícolas

(Marchante & Marchante, 2005). A Fig. 11 mostra a presença da cana na bordadura de uma estrada.



Figura 11: Cana na bordadura de uma estrada.

Fonte: *Google Earth.*

A Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro), estabelece a necessidade de implementar medidas de conservação e de reabilitação da rede hidrográfica e zonas ribeirinhas que garantam: o bom estado ecológico; as condições de escoamento da água e sedimentos em situações normais e extremas e a minimização das situações de risco para pessoas e bens, em situações de cheia. O Art.º 33 desta Lei tem uma medida que pressupõe a limpeza e desobstrução das linhas de água. A responsabilidade desta limpeza é dos municípios, nos aglomerados urbanos e dos proprietários, nas margens particulares nos aglomerados urbanos e nos leitos e margens particulares fora dos aglomerados urbanos.

Surgindo a cana essencialmente nas margens das linhas de água, existe a necessidade da sua eliminação, quer pela redução da vegetação autoctone que originam quer pela obstrução das linhas de água. As metodologias de controlo incluem: controlo físico ou mecânico, químico e biológico (Marchante & Marchante, 2005; Fernandes & Cruz, 2011; Plantas Invasoras em Portugal, 2013). Estas medidas de controlo tem

elevados custos, que por vezes se tornam insuportáveis para os responsáveis e que podem ser compensados se a biomassa for valorizada (Monteiro *et al*, 2012).

Propõe-se por isso que se proceda ao corte da planta, sem eliminação dos rizomas, quer das canas que crescem nas margens dos cursos de água, quer das que crescem ao longo de estradas, e que se aproveite a biomassa para obtenção de energia. Esta colheita seria feita uma vez por ano, como forma de aproveitar biomassa que não têm outra utilidade, e de reduzir os custos associados ao controlo e eliminação das canas. A eliminação dos rizomas seria feita apenas nos casos em que estes impedissem o livre escoamento da água (para o caso das canas junto aos cursos de água) ou para possibilitar o aproveitamento agrícola do solo.

2.1 Distribuição da cana no Algarve na sua forma espontânea

De forma a avaliar o potencial de cana no Algarve como fonte de biomassa, é necessário identificar os locais onde esta existe naturalmente, bem como a quantidade potencialmente disponível. Foi necessário elaborar um mapa que contivesse esta informação, uma vez que todos os mapas disponíveis apenas assinalam os locais de avistamento. O mapa de avistamentos utilizado como ponto de partida foi o apresentado na Fig. 12, embora na realidade a distribuição da cana seja muito maior que a referenciada nesta carta.

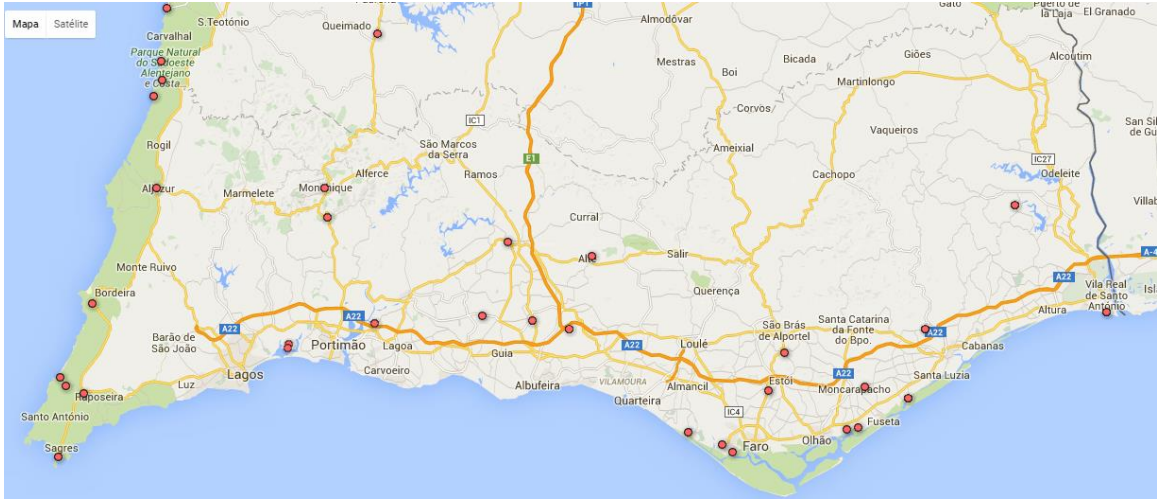


Figura 12: Mapa de avistamentos de cana no Algarve.

Fonte: <http://invasoras.pt/1000-avistamentos-de-arundo-donax-mapa-das-invasoras/>

Fez-se o *upload* do mapa no *Google Earth* e nas áreas assinaladas, referenciaram-se as colónias de cana, calculando a área que ocupavam (ha). Além disto, fez-se um levantamento próximo dos cursos de água e nas bordaduras dos terrenos cultivados, identificando-se a presença de cana, obtendo-se o mapa apresentado na Fig. 13.

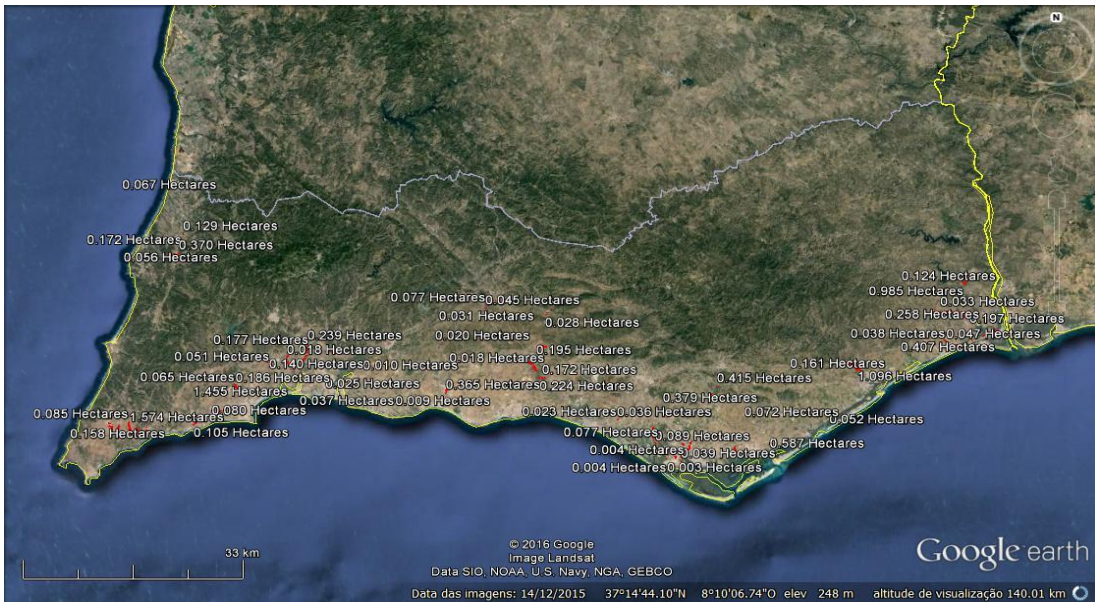


Figura 13: Distribuição de cana no Algarve.

Conforme referido, haverá mais colónias de cana para além das que foi possível identificar através do mapa de avistamentos, pelo que a contabilização da área de cana apurada ficará aquém da real. A área de cana identificada é de 83,7 ha, distribuídos da seguinte forma:

Tabela 6: Área ocupada pela cana no Algarve, segundo o Mapa de avistamentos (Fig. 12).

Local	ha/ano
Castro Marim	16,6
V.R.S.A	1
Tavira	13
Olhão	3
Faro	7,0
Loulé	7,1
Albufeira	4,9
Silves	6,3
Lagoa	0,2
Portimão	6,9
Lagos	4,1
Vila do Bispo	10,2
Aljezur	2,2
TOTAL	83,7

2.2 Equipamentos de recolha, transporte e métodos de armazenamento

Apresentado as populações de cana uma densidade elevada, e os seus caules uma consistência similar ao milho, o equipamento de recolha poderá ser o mesmo utilizado na colheita do milho (CRES, 2006). Estes equipamentos serão uma boa escolha para os locais de fácil acesso, e tornam-se mais eficazes quando têm incorporado o mecanismo de trituração da biomassa, como sucede nas máquinas de colheita do milho para silagem

(figura 14). Depois de secas, as estilhas resultantes da colheita desta biomassa podem ser utilizadas directamente para combustão (Dahl & Obernberg, 2004; CRES, 2006).



Figura 14: a) Equipamento de recolha de milho; b) Estilhas da cana.
Fonte: CRES, 2006.

Para zonas de acesso difícil, o uso de uma máquina para recolha da cana, a sua concentração, e outro equipamento triturador/estilhador será o mais adequado. Isto iria requerer mais mão-de-obra para fazer a colheita das canas e posterior estilhagem no local (Fig. 15).



Figura 15: Equipamento de trituração com alimentação manual.

Para evitar valores elevados de humidade na biomassa recolhida, a colheita pode ser feita no Outono (CRES, 2006; El Bassam, 2010) a fim de evitar perdas significativas na quantidade de biomassa entre o Outono e o Inverno, devido à queda de folhas (El Bassam, 2010). Em alternativa, poderá colher-se a biomassa em Outubro e armazená-la em locais onde haja facilidade de ventilação (El Bassam, 2010). Um estudo comparativo de métodos de armazenamento realizado por Pari *et al* (2015) comparou 3 métodos de secagem: (A) armazenamento com ventilação, (B) sem ventilação e (C) aglomerados ao ar livre (sistema de armazenamento convencional) (figura 16).



Figura 16: Sistemas de ventilação (Pari *et al*, 2015).

O armazenamento com ventilação demonstrou ser o mais eficaz, porque fará com que haja decréscimo do teor de humidade (gráfico 3) (El Bassam, 2010; Pari *et al*, 2015) e diminuição da perda de matéria seca (gráfico 4) (Pari *et al*, 2015).

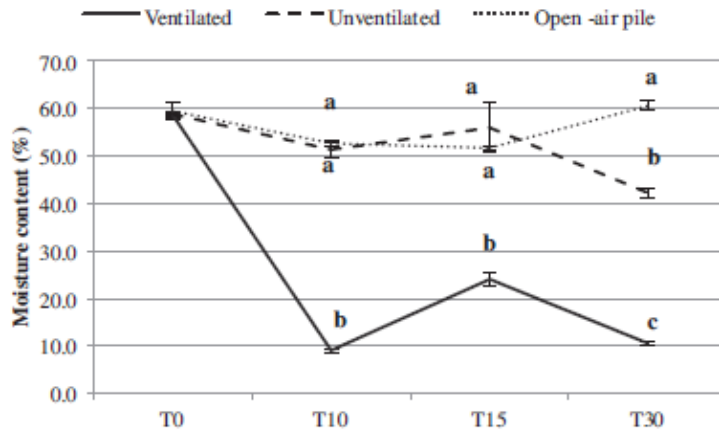


Gráfico 3: Variação do teor de humidade consoante o método de armazenamento (Pari *et al*, 2015).

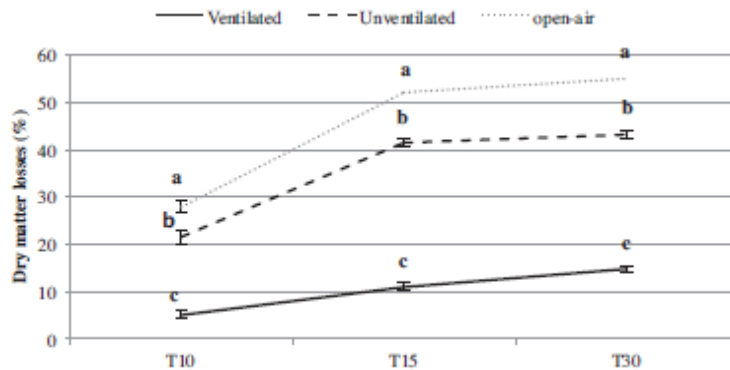


Gráfico 4: Perda de matéria seca consoante o método de armazenamento (Pari *et al*, 2015).

Em alternativa aos métodos de armazenamento convencionais, em armazéns ou contentores, poderá recorrer-se a uma estufa com ventilação lateral (figura 17) e colocar uma cama de paletes coberta com rede, para evitar o contacto da biomassa com o solo e facilitar a circulação de ar pela base. Isto iria evitar que a biomassa ficasse molhada durante a secagem em períodos chuvosos e permitir a sua secagem sem recurso a consumo de energia.



Figura 17: Estufa com ventilação lateral.
Fonte: <http://inovaestufas.pt/pt/galeria-de-imagens>

A estufa será dimensionada de acordo com a quantidade de biomassa que se irá recolher.

Um volume de armazenamento para 14 dias de funcionamento em carga deve ser o objectivo a atingir (desconhecido, 2004), e é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$V_{\text{armazenamento}} (\text{m}^3) = \frac{\text{Output térmico nominal (kW)} \times 14 \text{ dias de carga completa} \times 24 \text{ horas}}{\text{poder calorífico (kWh)} \times \text{densidade volumétrica (kg/m}^3) \times \text{eficiência}}$$

No que diz respeito ao transporte da biomassa, existe legislação, nomeadamente no que diz respeito a quantidade, peso limite e acondicionamento da carga, de modo a não colocar em risco os utentes da via pública (Tabela 7). A escolha do transporte irá depender do tipo de biomassa, do seu estado, da quantidade a transportar e da distância até ao local de armazenamento e consumo. Para distâncias superiores a 10 km, a biomassa deverá ser estilhaçada, e compactada ou enfardada, aumentando assim a carga transportada por percurso (FORESTIS, 2014).

Tabela 7: Limitações legais em Portugal para transporte de biomassa (FORESTIS, 2014).









Tipo	Veículos		Tratores + semi - reboques		Veículos + reboque	
	Peso bruto máx.	Comp. máx.	Peso bruto máx.	Comp. máx.	Peso bruto máx.	Comp. máx.
2 eixos	19 t		-	-	-	-
3 eixos	26 t		29 t		29 t	
4 eixos		12 m	38 t		37 t	18,75 m
5 eixos ou mais	32 t		40 t	16,5 m	40 t	
5 eixos ou mais com contentor			44 t		-	-

A altura máxima de qualquer veículo não poderá ultrapassar os 4 metros.

2.3 Custos de equipamento e armazenamento

Em contacto com empresas do sector, e consultando documentos relativos a máquinas agrícolas, obtiveram-se os possíveis custos de equipamento e armazenamento, apresentados na tabela 8:

Tabela 8: Custos de equipamento e armazenamento.

				Valor
Colheita	Fácil Acesso	Ceifeira debulhadora 5 linhas (máx. 200 h/ano)		236,95 €/h
	Difícil Acesso	Retro escavadora CASE 580 Super M/R c/garfos e balde		30 €/h
		Biotriturador Geo Eco 16,7 – 8 m ³ /h (para acoplar a tractor)		1 880 €
		Tractor com 2 RM90 CV (máx 400 h/ano)		41,20 €/h
Transporte		Camião Basculante/Grua Volvo F12 25 t, 12 m ³		35 €/h
Armazenamento		Estufa polietileno com ventilação lateral		10 €/m ²
		Rede protecção de obras para cobertura da base		0,62 €/m ²
		Mini-Carregadora BOBCAT S185 com garfos/balde		25 €/h
		Aluguer terreno para a estufa		150 €/ha*

*Este valor representa o que se prevê pagar pelo aluguer terreno.

Fontes: Albino, 2009; Buceltec; <http://www.chagas.pt/ESW/Files/TB%20510%20-%20Redes%20plasticas.pdf>; <http://www.renteci.com/docs/equipamentos.pdf>; <http://www.dancovershop.com/pt/product/estufas/estufa-em-polietileno-2x45x2m.aspx>.

Os equipamentos - excepto o triturador (que será adquirido em vez de alugado) e a máquina tipo bobcat - já incluem o custo do operador. Irá recorrer-se a trabalhadores polivalentes, aos quais se estima o pagamento de 6 €/hora, que serão responsáveis pela trituração do material e pela a distribuição das estilhas na estufa. O tempo estimado de trabalho será analisado posteriormente.

Para apoio ao processo, vamos considerar também o aluguer mensal de um contentor escritório, com os respectivos custos associados.

2.4 Metodologia para o cálculo do preço da estilha

Locais de acesso fácil:

- A ceifeira-debulhadora faz a recolha e estilhagem da cana, directamente para o camião;
- As estilhas são transportadas no camião até ao local de armazenamento e são colocadas dentro da estufa com uma máquina tipo Bobcat e um trabalhador polivalente.

Dados:

- O investimento inicial corresponde à estufa (estrutura, paletes e rede para a base) e aos consumíveis de escritório;
- São necessárias 2 horas e 10 minutos para colher 1 ha de cana com a ceifeira-debulhadora (velocidade da máquina 2 km/h), isto porque:
 - Numa hora percorre 2 km com uma faixa de corte de 3 m, ou seja corta 6000 m^2 (2000 m x 3 m);
 - Para cortar 1 ha, necessita 1,67 h;
 - Como há perdas de tempo com manobras (recomeçar uma linha de corte, mudar de sitio, ultrapassar obstáculos, entre outros), considera-se mais 30% de tempo, o que dará: 2,17 h por ha, isto é 2 h e 10 minutos aproximadamente.
- O camião será ocupado o mesmo número horas que a ceifeira na colheita (considera-se 2 camiões para que o funcionamento da ceifeira não seja interrompido);

- Para percorrer 10 km vamos considerar 20 minutos, o que numa viagem completa (ida e volta) corresponde a 40 minutos + 20 minutos para descarregar no local;
- O camião tem capacidade para transportar por viagem 12 m³ de estilha, aproximadamente 1,392 t (densidade da estilha 116 kg/m³);
- Sabe-se então que 1 t corresponde a um volume de aproximadamente 8,62 m³;
- Irá considerar-se uma camada de estilha no armazenamento de 50 cm, ou seja, 1 t irá corresponder a 17,7 m² de área;
- A quantidade de rede necessária para a cobertura das paletes será igual à área da estufa; pretende-se que as paletes sejam obtidas a custo zero;
- A máquina de colocação da estilha a secar (tipo Bobcat) transporta em cada viagem 0,116 t de estilha (a pá tem um volume de 1 m³) e tem uma velocidade média de 11,8 km/h;

Trabalhador polivalente:

- Num dia (8 h), será possível a colocação das paletes e rede na base da estufa (se necessário, procede-se à contratação de mais uma pessoa para este serviço);
- Num dia um trabalhador (operador da máquina tipo Bobcat) consegue distribuir 87 t de estilha na estufa de secagem.

Locais de acesso difícil – uma vez que para esses locais não será possível a utilização directa da ceifeira-debulhadora, propõe-se em alternativa a utilização de um operador com uma moto-roçadoura com disco de corte e de um triturador de alimentação manual acoplada a um tractor:

- A retro-escavadora recolhe as canas e coloca-as ao alcance do pessoal que alimenta o triturador;

- As canas são colocadas no triturador e estilhadas directamente para o camião; estando o triturador acoplado a um tractor, é possível que esta acompanhe o mais próximo possível o trajecto da retro-escavadora, optimizando o processo;

- As estilhas são transportadas no camião até ao local de armazenamento e colocadas na estufa com a ajuda de uma máquina tipo Bobcat e respectivo operador.

Dados:

- O investimento inicial corresponde à estufa (estrutura, paletes e rede para a base), aos consumíveis de escritório, ao biotriturador e à moto-roçadoura;

- O biotriturador irá produzir $7,5 \text{ m}^3$ de estilha por hora (2,65 t); para o triturador funcionar 8 h/dia no máximo de produção considerado, a retro-escavadora tem de recolher 1,06 ha de cana por dia;

- A mão-de-obra para trituração irá trabalhar as mesmas horas que o triturador; O tractor também;

- Para percorrer 10 km vamos considerar 20 minutos, o que numa viagem completa (ida e volta) corresponde a 40 minutos + 20 minutos para descarregar no local;

- O camião tem capacidade para transportar por viagem 12 m^3 de estilha, aproximadamente 4,23 t;

- Sabe-se que 1 t corresponde a um volume de aproximadamente $8,62 \text{ m}^3$;

- Irá considerar-se uma camada de estilha no armazenamento de 50 cm, ou seja, 1 t irá corresponder a $17,7 \text{ m}^2$ de área;

- A quantidade de rede necessária para a cobertura das paletes será igual à área da estufa; pretende-se que as paletes sejam obtidas a custo zero;

- A máquina tipo Bobcat transporta em cada viagem 0,116 t de estilha (a pá tem um volume de 1 m^3) e tem uma velocidade média de 11,8 km/h;

Trabalhadores polivalentes:

- Irão trabalhar as mesmas horas que a trituradora (um para cortar as canas e o outro para triturá-las);
- Num dia (8 h), será possível a colocação das paletes e rede na base da estufa (se necessário, procede-se à contratação de mais uma pessoa para este serviço);
- Num dia um trabalhador (operador da máquina tipo Bobcat) consegue distribuir 87 t de estilha na estufa de secagem.

3. Utilização da cana como cultura energética

As culturas energéticas, já definidas anteriormente, são culturas dedicadas à produção de biomassa para utilização como fonte de energia (Direcção da Fileiras Florestais, 2010; Allen et al, 2014), sendo as espécies de maior interesse para este tipo de culturas as espécies perenes, principalmente as gramíneas herbáceas (El Bassam, 2010; Allen et al, 2014)

A cana é uma espécie vivaz, da família das gramíneas (Marchante & Marchante, 2005; Odero et al, 2008) e a sua colheita é feita em média uma vez por ano, durante vários anos consecutivos.

3.1 Instalação da cultura energética

O cultivo da cana consiste na preparação do solo, transplantação das plantas, rega, fertilização e colheita. O ano mais importante é o da instalação da cultura (1º ano), devido às operações de plantaçãõ e à necessidade de assegurar o estabelecimento das plantas (Fiala, 2009).

3.1.1 Preparação do solo

A preparação do solo consiste em lavrar o solo (Fiala, 2009; Angelini *et al*, 2009; El Bassam, 2010), abrir valas (figura 18) com 40 a 45 cm de profundidade, para o caso de plantação por rizomas, e menor profundidade para plantação de estacas enraizadas (Fiala, 2009).



Figura 18: Abertura de valas para plantação.

Fonte: Christou, 2013.

3.1.2 Obtenção das plantas e cultivo

As plantas podem ser obtidas a partir dos rizomas ou através de estacaria (Fiala, 2009; El Bassam, 2010; Christou, 2013).

A obtenção dos rizomas é feita por escavação em zonas onde ocorrem as canas e a sua preparação no seu corte em pedaços seguida de selecção dos que terão maior capacidade de suportar os rebentos (figura 19) (El Bassam, 2010). A plantação deve ser feita em Novembro – Fevereiro (El Bassam, 2010; Christou, 2013), a 15 – 20 cm de

profundidade (Fiala, 2009). Este método dá mais trabalho e acaba por ser mais caro, mas apresenta melhores resultados (El Bassam, 2010).



Figura 19: a) Obtenção dos rizomas; b) Corte dos rizomas.

Fonte: Christou, 2013.

Na estacaria, as plantas podem ser cultivadas directamente no solo, ou em sacos de plástico para posterior transplantação (El Bassam, 2010). A plantação deve ser feita em Março – Abril (Christou, 2013), a 4 – 8 cm de profundidade, dependendo das características do solo (temperatura e humidade) (El Bassam, 2010). No Algarve, poderá plantar-se no Outono, devido à temperatura mais amena e ao menor risco de plantação nesta época (temperatura do solo elevada, temperatura do ar a decrescer e possibilidade de ocorrência de chuva).

O compasso de plantação pode ser 50 cm na distância entre as plantas na linha x 75 cm na entrelinha (El Bassam, 2010; Christou, 2013), obtendo-se uma densidade de 25 000 plantas/ha (Christou, 2013), ou 100 cm na linha x 75 cm na entrelinha, obtendo-se uma densidade de 12 500 plantas/ha (Christou, 2013). O compasso pode ser escolhido de acordo com as dimensões da ceifeira, uma vez que será este o equipamento utilizado.

A figura 20 representa a plantação da cana a partir dos rizomas.



Figura 20: a) Plantação dos rizomas nas valas; b) Cobertura e nivelamento do solo.

Fonte: Christou, 2013.

3.1.2.1 Rega e outras operações culturais

Como já foi referido, o período de estabelecimento no terreno representa o momento mais delicado para o cultivo: durante este tempo, as plantas podem sofrer de stress hídrico, requerendo rega; além disto, se as ervas daninhas forem dominantes em relação aos novos rebentos, pode ser necessária a aplicação de um herbicida (Corno *et al*, 2014). Ainda assim, El Bassam (2010) afirma que não é necessária a aplicação de herbicidas se a plantação for feita a partir dos rizomas. Durante o segundo ano, devido ao forte desenvolvimento da cana, as ervas daninhas são suplantadas, e normalmente não é necessária rega (Corno *et al*, 2014). A cana é uma das espécies mais resistentes, não tendo sido até ao momento observadas doenças (El Bassam, 2010). Ocasionalmente, durante a fase inicial do crescimento de novos rebentos, enquanto ainda são suculentos, podem ser atacados pela *Sesamia spp.* e morrer, mas rapidamente surgem novos rebentos nos rizomas que os substituem (El Bassam, 2010).

Os efeitos da rega na produção de biomassa podem ser insignificantes (El Bassam, 2010). Foi reportado por Dalianis *et al* (1995) que com rega elevada (700

mm/ano) colheu-se no Outono (em média durante 3 anos), em ambiente semi-árido no sul da Europa, 59,8 t/ha e 32,6 t/ha. Para uma rega baixa (300 mm/ano) colheu-se 55,4 t/ha e 29,6 t/ha.

Depois do ano de plantação, a cana não necessita de fertilização para completar o seu ciclo biológico ou atingir grandes produtividades, embora a adição de fertilizantes melhore a produção de biomassa. A adição de nutrientes (Christou *et al*, 2003; Angelini *et al*, 2005), em especial azoto (El Bassam, 2010; Borin *et al*, 2013) promove um melhor desenvolvimento dos rizomas e aumenta o rendimento. Angelini *et al* (2005) relatam a utilização de azoto, fosfato e potássio numa cultura de cana em Itália. A adição de 200 kg/ha de azoto no início do crescimento (Primavera), 80 kg/ha de fósforo e 200 kg/ha de potássio, ambos depois da colheita (Inverno) promoveram uma maior produção de matéria seca (Nassi o di Nasso *et al*, 2013).

3.1.3 Colheita

Já foi referido anteriormente o método de colheita, feito pelos mesmos equipamentos da colheita do milho (CRES, 2006).

O resumo das principais características, dos requisitos agrícolas e dos efeitos agro-ambientais da exploração de uma cultura de cana é apresentado no Tabela 9.

Tabela 9: Principais características, requisitos agrícolas e efeitos agro-ambientais de uma cultura de cana (Maletta & Lasorella, 2014).

Características	Cana
Tempo de rotação	15 anos
Adaptabilidade	Regiões quentes, condições húmidas
Propagação	Rizomas
Nº de idas ao campo	1 vez, na colheita
Aplicação de fertilizante	Mais elevada que as gramíneas C ₄
Aplicação de herbicida	Baixa, possivelmente no 1º ano
Uso de água	Médio
Controlo de erosão	Bom/Muito bom
% de declive do terreno	Só devem ser tidas em conta as limitações do equipamento
Risco de incêndios	Elevado

Apesar de o risco de incêndio ser elevado, existem algumas medidas que se poderão adoptar para minimizar o risco. Um exemplo é a criação de uma zona de quebra-fogo à volta da cultura. Além disso, o risco de incêndio já existe mesmo não se explorando a biomassa das canas, e neste caso a sua colheita vai diminuir a biomassa no terreno reduzindo a intensidade potencial de eventuais incêndios.

3.1.4 Custos de exploração de algumas culturas energéticas de cana na Europa

Num estudo coordenado pelo CRES (2006), comparando a produção da cana em quatro países do sul da Europa, foram analisados os custos da exploração da cana como

cultura energética, obtendo-se um rácio valor económico (€)/ tonelada seca, para diversos parâmetros da produção, que variou entre 45,5 e 78,1 € t⁻¹ (tabela 10).

Tabela 10: Análise do custo da produção de cana (€/t seca) (CRES, 2006).

	França	Grécia	Itália	Espanha
Rendimento anual equivalente	12,7	12,7	12,7	8,3
Produção				
Terreno	9,25	39,40	17,99	15,79
Mão-de-obra	7,73	6,48	8,85	6,81
Equipamento	3,25	6,94	4,01	5,60
Matéria-prima ⁽¹⁾	25,24	25,30	26,90	39,61
Total	45,47	25,30	26,90	39,61

⁽¹⁾Fertilizantes; herbicidas, rizomas, sementes, água.

Na maioria dos casos, o montante mais elevado correspondeu à aquisição de factores de produção (rizomas, sementes, fertilizantes, entre outros) e a despesas gerais.

Os custos de transporte e colheita também foram analisados (tabela 11) tendo-se registado uma maior homogeneidade, variando entre 46,4 e 48,6 € t⁻¹.

Tabela 11: Análise dos custos de colheita e transporte da cana (€/t seca) (CRES, 2006).

	França	Grécia	Itália	Espanha
Grande escala				
Colheita e armazenamento	16,20	11,65	14,47	13,30
Transporte	21,25	24,60	22,51	23,65
Total	37,45	36,25	36,98	36,95
Média escala				
Colheita e armazenamento	16,20	11,65	14,47	13,30
Transporte	22,29	25,83	23,62	24,84
Total	38,50	37,48	38,09	38,14
Pequena escala				
Colheita e armazenamento	16,20	11,65	14,47	13,30
Pelletização	19,32	19,32	19,32	19,32
Transporte	13,07	15,41	13,92	14,99
Total	48,60	46,37	47,71	47,61

No estudo referido foram consideradas as seguintes condições: Pequena escala: 4 000 t de matéria seca para uma distância média de 3 km; Média escala: 15 000 t de matéria seca para uma distância média de 6 km; Grande escala: 50 000 t de matéria seca para uma distância média de 10 km (CRES, 2006).
















Observa-se que nas diferentes escalas de produção, os custos unitários de colheita e armazenamento são semelhantes. A grande variação de custos ocorreu no transporte.

3.1.5 Possíveis custos da exploração de uma cultura de cana no Algarve

Uma vez que em Portugal ainda não se faz a produção de cana, não existem valores de referência, podendo-se utilizar os custos de transporte e corte de outros produtos, como por exemplo do milho. É plausível admitir que os custos de produção serão próximos dos obtidos no estudo apresentado anteriormente.

Assim, iremos considerar custos de transporte e armazenamento idênticos aos apresentados para a recolha da cana na sua forma espontânea. Na cultura de cana, temos que considerar os custos de produção, onde se incluem nomeadamente os factores de produção (material vegetal de propagação, fertilizantes, herbicidas, água, e despesas gerais); equipamentos; mão-de-obra e custo do terreno. Iremos considerar os valores apresentados na tabela 12.

Tabela 12: Custos médios de equipamento para a exploração de uma cultura energética no Algarve.

				Valor
Matéria-prima	Fertilizante	NUTREA 12-4-6 (NPK)		2,58 €/l
	Água	Utilizador não doméstico (11 - 50 m³/mês)		1,2974 €/m³
		Instalação contador		16,60 €
Rizomas	Retro escavadora CASE 580 Super M/R c/garfos e balde		30 €/h	
	Serra de fita vertical para madeira		416,97 €	
Terreno		Aluguer		150 €/ha*
		Coupra		1500 €/ha*
Equipamentos	Lavrar	Subsolador 7 ferros (máx 50 h/ano)		21,1 €/h
	Semear	Derregador 4 ferros (máx 125 h/ano)		0,8 €/h
		Pá niveladora traseira 3 m (máx 125 h/ano)		4,1 €/h
		Tractor com 2 RM 90 CV (máx 400 h/ano)		41,20 €/h
		Reboque basculante, rodado simples 1 500 kg (máx 225 h/ano)		3 €/h
	Rega	Aspersor LF800 1/2", débito 175 l/h a 310 l/h; alcance 7 a 10 m		8,99 €/80un
		Deflector para aspersor LF800 (200 un)		1,00 €
		Bico para aspersor LF800 (200 un)		0,62 €
		Tubo flexível Aquapro de 50 m, diâmetro 16/12		29 €/un
	Outros acessórios: joelhos, tês, uniões		0,25 €/un	
Colheita	Ceifeira debulhadora (máx 200 h/ano)		236,95 €/h	
Transporte	Camião Basculante/Grua Volvo F12 25 t, 12 m³		35 €/h	
Armazenamento	Estufa com ventilação lateral		22 €/m²	
	Rede protecção de obras para cobertura da base		0,62 €/m²	
	Mini-Carregadora BOBCAT S185 com garfos/balde		25 €/h	

*Preço que se prevê pagar.

Fontes: Albino, 2009; Buceltec; <http://www.chagas.pt/ESW/Files/TB%20510%20-%20Redes%20plasticas.pdf>; <http://www.renteci.com/docs/equipamentos.pdf>; <http://www.dancovershop.com/pt/product/estufas/estufa-em-polietileno-2x45x2m.aspx>; FAGAR; http://www.chavevertical.pt/serras_fita_verticais_p_madeira.html; <http://genyen.pt/produtos/1/32/>; Aquamatic.

Mão-de-obra: 2 trabalhadores permanentes 600 €/mês, e possível utilização de trabalhadores polivalentes pagos a 6 €/h.

Para apoio ao processo, vamos considerar também o aluguer mensal de um contentor escritório, com os respectivos custos associados.

3.1.5.1 Metodologia para o cálculo do preço da estilha produzida

Fora do terreno:

- A obtenção dos rizomas é feita em colónias de cana já existentes, a uma distância máxima de 10 km. É necessária a escavação (retro-escavadora) das raízes da planta. Estes rizomas serão transportados num camião para o local para corte e selecção, para posterior plantação.

No terreno:

- É feito o corte dos rizomas, com uma serra de fita vertical para madeira, operada por um dos trabalhadores permanentes; os rizomas cortados, seleccionados e são colocados no reboque;

- O subsolador acoplado ao tractor irá mobilizar o terreno segundo os futuros regos de plantação;

- O derregador, também acoplado ao tractor, irá abrir os regos com cerca de 75 cm de distância entre eles e 20 cm de profundidade;

- A plantação será semi-mecânica e na primavera: o reboque com os rizomas acoplado ao tractor percorre o terreno e 1 trabalhador vai no reboque distribuindo os rizomas nos regos, com 50 cm de distância entre si;

- A pá niveladora acoplada ao tractor cobre os regos e nivela o terreno;
- É montado o sistema de rega por aspersão; rega-se uma vez e aplica-se o fertilizante líquido;
- Um ano após a plantação, é feita a primeira colheita, com a ceifeira-debulhadora;
- No caso da estufa ficar afastada do terreno da cultura, as estilhas são transportadas no camião até ao local de armazenamento (no máximo 10 km) e colocadas na estufa com um BOBCAT e respectivo operador.

Dados:

- Considera-se que o armazenamento da estilha será a uma distância até 10 km do local de produção;
- O investimento inicial corresponde à estufa, aos consumíveis de escritório, à serra vertical, ao contador de electricidade e ao sistema de rega (água, bomba, tubagem, aspersores, deflectores, bicos e uniões);
- A retro escavadora colhe 4,23 t (aproximadamente 0,25 ha) de rizomas em 2 horas que serão suficientes para plantar 1 ha de cana (25 000 plantas);
- O camião tem capacidade para transportar por viagem 12 m³ de rizomas, aproximadamente 1,392 t; isto também se aplica ao transporte das estilhas para armazenamento; isto significa que o camião funcionará as mesmas horas que a retro escavadora na obtenção dos rizomas e seu posterior transporte e as mesmas horas que a ceifeira na colheita;
- Para percorrer 10 km vamos considerar 20 minutos, o que numa viagem completa (ida e volta) corresponde a 40 minutos + 20 minutos para descarregar no local;
- Velocidade de operação do tractor 20 km/h;

- O subsolador, o derregador e a pá niveladora tem 3 m de largura; para cobrir 1 ha de área cada equipamento levará 11 minutos (0,183 h);

- Na plantação vamos considerar que o tractor opera a 10 km/h e que se consegue plantar 2 regos ao mesmo tempo (1,5 m). Isto significa que se consegue semear 1 ha em 6,7 h;

- Os aspersores têm 10 m de alcance, o que significa que por cada hectare, são necessários 100 aspersores (10 por fila x 10 filas) e o mesmo número de bicos e deflectores;

- Para 1 ha são necessários 900 m de tubagem (90 m de tubo/vertical x 10 filas) para o sistema secundário e 100 m para o sistema principal;

- A rega será de 300 mm/ano;

- O fertilizante será aplicado na rega da seguinte forma: 5 L/ha uma vez por semana no 1º mês de primavera + 5 L/ha uma vez por semana nos 2 meses a seguir à colheita (para promover o crescimento);

- São necessárias 2 horas e 15 minutos para colher 1 ha de cana com a ceifeira-debulhadora, isto porque:

- 1 ha corresponde a 100 m x 100 m;

- Velocidade da máquina 2 km/h e largura 3 m;

- Para percorrer 100 m são necessários 3 minutos;

- Para colher 1 ha são assim necessárias 35 passagens;

- Margem de segurança de 30 minutos/ha para manobras, como as voltas na cabeceira;

- Sabe-se que 1 t corresponde a um volume de aproximadamente 8,62 m³;

- Irá considerar-se uma camada de estilha no armazenamento de 50 cm, ou seja, 1 t irá ocupar 17,7 m² de área;

- A quantidade de rede necessária para a cobertura das paletes será igual à área da estufa; pretende-se que as paletes sejam obtidas a custo zero;

- A máquina tipo bobcat transporta em cada viagem 0,116 t de estilha (a pá tem um volume de 1 m³) e tem uma velocidade média de 11,8 km/h.

3.2 Legislação e incentivos à produção de biomassa

3.2.1 Legislação

- Portaria n.º 528/89, de 11 de Julho – Requisitos técnicos a serem cumpridos nas acções com recurso a espécies de rápido crescimento;

- Decreto-Lei n.º 565/99, de 21 de Dezembro – Regula a introdução e o controlo na natureza de espécies não indígenas da fauna e da flora;

- PROF – Decreto-Lei n.º 16/2009, de 14 de Janeiro – Instrumentos sectoriais de gestão territorial com vista a garantir um adequado ordenamento e planeamento florestal, que em muitas regiões inibem ou restringem acções de arborização com espécies de rápido crescimento.

3.2.2 Medidas de financiamento relacionadas com a biomassa

- PRODER:

Acção 1.3.1 – Melhoria Produtiva dos Povoamentos: pretende promover a valorização económica de subprodutos e resíduos florestais;

Acção 1.3.3 – Modernização e Capacitação das Empresas Florestais: pretende promover a modernização das empresas florestais; criar e modernizar unidades de primeira transformação; modernizar e racionalizar as operações de exploração e pós-colheita; promover a participação dos produtores florestais nas vantagens económicas;

desenvolver novos produtos, processos e tecnologias; promover a integração no mercado.

- QREN:

Sistema de Incentivos (SI) à Qualificação de PME – Vale Energia ou Ambiente: trata-se de um vale de crédito que apenas pode ser utilizado em produtos específicos. O Vale pode ser trocado por serviços de consultoria, estudos e diagnósticos, auditorias energéticas ou ambientais, assistência técnica, testes e ensaios, nas tipologias de investimento de diversificação e eficiência energética com o objectivo de aumentar a eficiência energética e a diversificação das fontes de energia com base na utilização de recursos renováveis (previsto nas alíneas f) e h) do nº 1 do artigo 5º do Regulamento do SI Qualificação PME).

4. Caso de estudo – comparativo estilha de origem espontânea/cultivada com gás natural

De forma a avaliar a viabilidade económica da estilha de origem espontânea e cultivada, fez-se um estudo comparativo com uma fonte de energia convencional, o gás natural.

Nas piscinas Municipais de Faro operam 3 caldeiras a gás natural (Viessmann, Alemanha), que têm como principal objectivo o aquecimento de um tanque de aprendizagem com 90 m³ de volume e uma piscina de 25 m com 900 m³ de volume até 28 °C, bem como do espaço envolvente. A potência nominal de cada caldeira é 242,10 kW e a potência útil 215,20 kW.

Pretende-se fazer o estudo da viabilidade económica da adição de uma caldeira que opere com estilhas de cana, ficando as caldeiras existentes como reserva para o caso de falha no sistema.

Os dados de consumos e custo do gás fornecidos são referentes ao ano de 2015
(Tabela 13).

Tabela 13: Consumo de gás natural em 2015.

Mês	Consumo de gás (kWh)	Preço
Jan	175 847,00	13 016,00 €
Fevereiro	162 747,00	12 091,86 €
Março	159 881,00	11 969,01 €
Abril	120 283,00	9 176,85 €
Mai	8 707,00	6 372,43 €
Junho	58 269,00	4 503,23 €
Julho	2 782,00	2 454,54 €
Agosto	25 913,00	2 039,62 €
Setembro	59 445,00	4 382,95 €
Outubro	87 294,00	6 126,06 €
Novembro	124 837,00	8 420,15 €
Dezembro	82 894,00	5 545,49 €
Total	1 068 899,00	86 098,19 €

5. Resultados e discussão

5.1 Preço da estilha recolhida

Num cenário conservador, considerou-se que por hectare se recolhe 20 t de cana, ao longo de 5 anos, e que há uma perda no processamento da biomassa de 1 %.

De acordo com a metodologia apresentada no ponto 2.4 e dos preços dos materiais apresentados na tabela 8 (ponto 2.3), fizeram-se cálculos separados para os dois tipos de locais, de fácil e de difícil acesso, e concluiu-se que em ambos os casos se poderá vender a estilha a 0,19 €/kg (190 €/t), desde que se recolha e venda, anualmente, a estilha de um mínimo de 8 ha de cana (160 t de estilha).

Fez-se também uma análise económica de vários cenários, aumentando a área de colheita. Em função da quantidade de cana colhida, vai haver variação do investimento inicial, dos custos e do rendimento mensal, como é possível observar na tabela 14.

Tabela 14: Evolução do investimento, custos e rendimentos consoante a área de colheita.

Área recolhida	Investimento	Custos	Rendimento 1º ano
8	31 400,08 €	12 834,94 €	227,90 €
9	35 121,97 €	14 084,71 €	292,21 €
10	38 843,85 €	15 335,92 €	356,42 €
11	42 565,74 €	16 585,70 €	420,73 €
12	46 287,62 €	17 836,92 €	477,81 €
13	50 009,51 €	19 117,68 €	531,51 €
14	53 731,39 €	20.368,90 €	587,31 €
15	57 453,28 €	21 649,67 €	641,01 €

Na elaboração da tabela anterior considerou-se que 75 % da área a recolher está em locais de fácil acesso e 25% em locais de difícil acesso. O retorno do investimento será entre 2 anos e 7 meses (para colheitas maiores) e os 2 anos e 10 meses (para

colheitas mais pequenas), em ambos os casos inferior a 5 anos, o que aponta para a viabilidade económica do processo. Para este cálculo considerou-se uma inflação de 1,9 %, um risco sistemático de 7 % e uma taxa de remuneração do capital de 3,5 %.

Graficamente obtém-se:

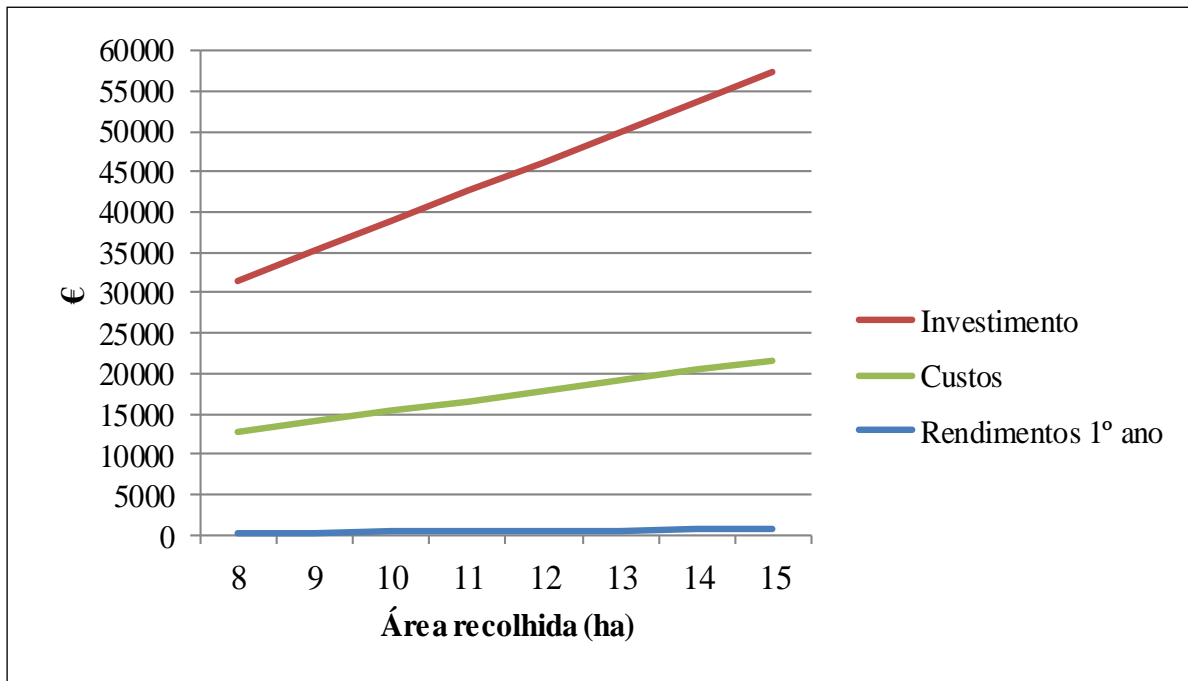


Gráfico 5: Evolução do investimento, custos e rendimentos consoante a área colhida.

Pela análise do gráfico, observa-se que investimento cresce de forma constante no valor de 3 721,88 €/ha. Os custos crescem, em média, 1 259,25 €/ha. Em suma, quanto maior for a quantidade de cana recolhida, maior será o investimento, e os custos associados, mas também maiores serão os rendimentos.

Em termos anuais, os rendimentos variam. Para uma colheita de 8 ha, temos a variação apresentada em seguida (tabela 15).

Tabela 15: Varição dos rendimentos mensais anuais para uma colheita de 8 ha.

Ano	Rendimento
1	227,90 €
2	684,69 €
3	673,37 €
4	673,37 €
5	673,37 €

Apesar dos rendimentos no primeiro ano serem baixos, estabilizam no valor de 673,37 € a partir do 3º ano. Os valores apresentados representam o vencimento do gerente/proprietário do negócio, que receberá em média 586,54 €/mês líquidos ao longo dos 5 anos para colheitas de 8 ha. É um valor baixo, mas que será mais elevado quanto maior for a área de cana colhida.

5.2 Preço da estilha produzida a partir de cultura de cana

Aquando da elaboração dos cálculos anteriores ficaram evidentes duas situações: é viável a compra do terreno em vez do seu aluguer (fez-se um cálculo comparativo; considerou-se a compra como investimento) e que não é viável a utilização da água da rede: considerou-se a utilização de águas residuais, provenientes de ETAR e a construção de um depósito para o seu armazenamento, com electrobomba submersível (ambos considerados investimentos).

O preço de venda da estilha calculado é de 0,22 €/kg (220 €/t), desde que se produza e venda anualmente 65 ha de cana. Para esta quantidade obtemos os valores do investimento, custos, rendimentos e retorno do investimento apresentados na tabela 16:

Tabela 16: Investimento, custos, rendimentos e retorno do investimento.

Total plantado (ha)	65
Total produzido (t)	1 287
Investimento	381 448,51 €
Custos	143 598,19 €
Rendimento 1º ano	83,33 €
Payback	3 anos e 3 meses

Para o cálculo do retorno do investimento, considerou-se uma inflação de 1,9 %, um risco sistemático de 7 % e uma taxa de remuneração do capital de 3,5 %. O investimento é pago em menos de 5 anos, pelo que é viável.

A distribuição dos custos é feita da seguinte forma:

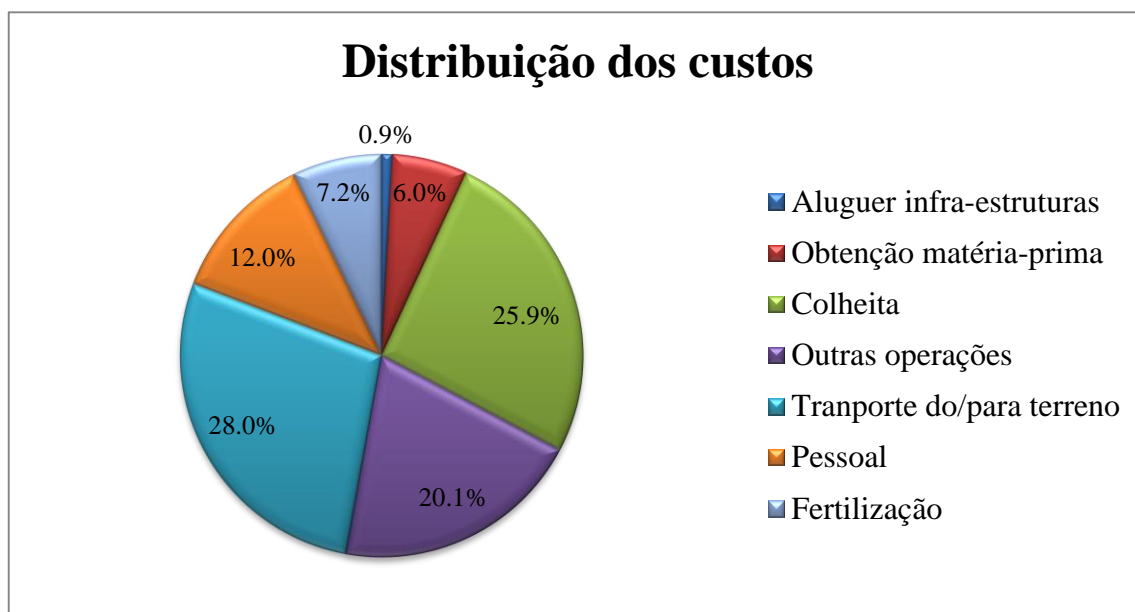


Gráfico 6: Distribuição percentual dos custos.

Observa-se que o custo mais elevado diz respeito ao transporte, seguido da colheita. No sentido de diminuir os custos de transporte, poderá contratar-se um caminhão com maior capacidade.

Apesar dos rendimentos no primeiro ano serem francamente baixos, no segundo ano sofrem um aumento significativo, estabilizando no 3º ano no valor de 5 019,66 € (tabela 17).

Tabela 17: Variação dos rendimentos ao longo de 5 anos.

Ano	Rendimento
1	83,33 €
2	5 028,37 €
3	5 019,66 €
4	5 019,66 €
5	5 019,66 €

O vencimento do gerente/proprietário do negócio será, em média, 4 034,14 €/mês líquidos nesses 5 anos, valor bastante mais elevado quando comparado com a recolha da cana espontânea.

No cálculo dos preços da estilha acima apresentados (cana espontânea ou cultivada) não foi tido em conta o valor do transporte secundário (entre o produtor e os comerciantes).

Em todo o caso, Netto (2008) em inquéritos realizados junto das transportadoras conseguiu relacionar o custo do transporte secundário com a distância:

$$\text{Custo do transporte secundário } (\text{€} \cdot \text{t}^{-1}) = 3,368 + 0,07632 \times \text{distância (km)}$$

O custo do transporte secundário deverá suportado pelo comprador. Na tabela 18 foi analisada a distância até à qual será viável a distribuição secundária da estilha. A

partir do momento em que o transporte atingir 0,02 €/kg (para estilha em cultura) ou 0,05 €/kg (para estilha natural) o valor total deixa de ser competitivo, uma vez que a estilha atingirá o mesmo preço das *pellets* (aproximadamente 0,24 €/kg).

Tabela 18: Preço do transporte secundário em função da distância.

Tranporte secundário	
Distância (km)	Valor (€/kg)
50	0,0042 €
100	0,0080 €
150	0,0118 €
200	0,0156 €
250	0,0194 €
300	0,0233 €
350	0,0271 €
400	0,0309 €
450	0,0347 €
500	0,0385 €
550	0,0423 €
600	0,0462 €
650	0,0500 €

Pela análise da tabela, até 250 km é competitiva a distribuição da estilha qualquer que seja a sua origem. A partir desta distância e até 650 km é viável o transporte secundário da estilha de cana espontanea.

5.3 Caso de estudo: comparativo da utilização da estilha de origem espontânea/cultivada com gás natural

Primeiramente, foi necessário calcular a quantidade de estilha referente ao consumo apresentado. Sabendo que o PCI da cana é 4,64 kWh/kg (Fiala, 2009), obtiveram-se as quantidades apresentadas na tabela 19, bem como a poupança em relação ao gás natural.

Tabela 19: Quantidade de estilha e poupança em relação ao gás natural.

Mês	Consumo (kWh)	Preço	Consumo estilha (kg)	Preço total estilha cana espontânea	Poupança	Preço total estilha cana cultivada	Poupança
Jan	175 847	13 016,0 €	37 898,1	7 200,6 €	5 815,4 €	8 337,6 €	4 678,4 €
Fev	162 747	12 091,9 €	35 074,8	6 664,2 €	5 427,7 €	7 716,5 €	4 375,4 €
Mar	159 881	11 969,0 €	34 457,1	6 546,9 €	5 422,2 €	7 580,6 €	4 388,4 €
Abr	120 283	9 176,9 €	25 923,1	4 925,4 €	4 251,5 €	5 703,1 €	3 473,8 €
Mai	8 707	6 372,4 €	1 876,5	356,5 €	6 015,9 €	412,8 €	5 959,6 €
Jun	58 269	4 503,2 €	12 558,0	2 386,0 €	2 117,2 €	2 762,8 €	1 740,5 €
Jul	2 782	2 454,5 €	599,6	113,9 €	2 340,6 €	131,9 €	2 322,6 €
Ago	25 913	2 039,6 €	5 584,7	1 061,1 €	978,5 €	1 228,6 €	811,0 €
Set	59 445	4 383,0 €	12 811,4	2 434,2 €	1 948,8 €	2 818,5 €	1 564,4 €
Out	87 294	6 126,1 €	18 813,4	3 574,5 €	2 551,5 €	4 138,9 €	1 987,1 €
Nov	124 837	8 420,2 €	26 904,5	5 111,9 €	3 308,3 €	5 919,0 €	2 501,2 €
Dez	82 894	5 545,5 €	17 865,1	3 394,4 €	2 151,1 €	3 930,3 €	1 615,2 €
Total	1 068 899	86 098,2 €	230 366,2	43 769,6 €	42 328,6 €	50 680,6 €	35 417,6 €

A quantidade anual de estilha necessária é 230 366 kg para o consumo indicado, o que corresponde a 11,5 ha de área.

A poupança na aquisição de combustível é superior a 40 %/ano em ambos os casos.

Sabe-se que apesar de estarem instaladas três caldeiras a gás, elas não funcionam em simultâneo. Para saber qual a potência da caldeira de estilhas a adicionar, é

necessário então proceder à análise dos consumos fornecidos. Considerando o mês de maior consumo (Janeiro), chega-se ao consumo por hora de 236,35 kW. Considerando ainda que poderá haver um aumento nos consumos, poderá então adicionar-se ao sistema uma caldeira de estilhas de madeira com potência nominal de 350 kW.

Com o programa informático *Cype*, para Engenharia e Construção, foi possível calcular o preço da caldeira pretendida, bem como do sistema de alimentação. Os preços são apresentados na tabela 20 e dizem respeito ao investimento necessário para a adição da caldeira.

Tabela 20: Investimento em equipamento (caldeira e sistema de alimentação).

	Preço
Caldeira 350 kW	79 333,81 €
Sistema de alimentação	12 839,92 €
Total	92 173,73 €

Além destes investimentos, é necessário ter em consideração a construção/aquisição de um depósito para as estilhas. Considerando a fórmula já apresentada e os dados da tabela 21, obteve-se um volume de armazenamento de 257 m³.

Tabela 21: Dados para o cálculo do volume de armazenamento.

Potência nominal	350 kW
Eficiência	85 %
Poder calorífico da estilha	4,64 kWh*
Densidade volumétrica da estilha	116 kg/m ³ **

*Fiala, 2009;**Dahl & Obernberger, 2004.

Uma vez que a construção de uma estrutura com estas dimensões é dispendiosa, poderá adquirir-se uma estrutura pré-fabricada de menores dimensões, como um contentor. Isto significa que será necessário atestar mais vezes (recorde-se que os 257

m³ obtidos correspondem a 14 dias). Estima-se gastar na estrutura um máximo de 5 000 €, ficando assim o investimento total em 97 173,73 €.

Além dos investimentos, devem ser considerados os custos de manutenção dos equipamentos. Os custos apresentados na tabela são decenais e dizem respeito aos primeiros 10 anos.

Tabela 22: Manutenção de equipamento.

Manutenção equipamentos		
	Preço	Total anual
Manutenção decenal sistema de alimentação	4 493,97 €	449,40 €
Manutenção decenal caldeira	35 700,21 €	3 570,02 €

Quanto ao retorno do investimento, considerando a manutenção dos equipamentos e a aquisição de combustível, é o apresentado na tabela 23.

Tabela 23: Retorno do investimento.

Retorno do Investimento	
Cana espontânea	Cana cultivada
2 anos e 8 meses	3 anos e 4 meses

Uma vez que a estilha das canas espontâneas tem um preço de aquisição mais baixo do que a estilha das canas cultivadas, o retorno de investimento será inferior. Em ambos os casos o investimento é pago em menos de 5 anos, pelo que será viável a aquisição da caldeira.

6. Conclusões

O crescente aumento do consumo da energia em Portugal é um factor determinante na busca de novas fontes de energia. Entre elas pode-se destacar a biomassa, que se tem tornado relevante neste sentido.

Neste trabalho pretendeu-se estudar o potencial energético da cana (*Arundo donax* L.), através de duas formas de obtenção da mesma: recolha de cana espontânea ou a sua exploração como cultura energética. Os preços obtidos para o custo da estilha foram 0,19 €/kg e 0,22 €/kg, respectivamente, para a estilha de cana espontânea e para a de cana cultivada, valores competitivos para o mercado da biomassa, pois actualmente as *pellets* são vendidas a 0,24 €/kg.

Em todo o processo de produção da estilha, é importante a optimização das operações no sentido de reduzir os seus custos. Numa primeira fase, seria mais interessante a recolha da cana espontânea uma vez que o investimento e custos são mais baixos, e para testar e aperfeiçoar a metodologia necessária ao seu aproveitamento energético, seguindo as normas em vigor. Para o início de actividade e como forma de lançar o projecto, o projecto de investimento poderá candidatar-se a apoios de incentivo à produção de biomassa a partir de cana cultivada.

Na comparação com um combustível convencional, neste caso, o gás natural, a poupança anual na aquisição do combustível é superior a 40 %, o que torna aliciante a sua substituição. Para que esta seja possível, é necessária a aquisição de equipamento próprio (caldeira de estilhas de madeira, sistema de alimentação e um depósito), investimento que se demonstrou ser viável, uma vez que se consegue pagar em menos de 5 anos.

Tendo em consideração as elevadas emissões de NOx na combustão da estilha de cana, uma estratégia de aproveitamento da biomassa da cana deverá incluir uma prévia Avaliação de Impacte Ambiental.

7. Referências Bibliográficas

Albino, J. D. (2009). *Análise dos encargos com a utilização de máquinas agrícolas*. Lisboa.

Allen, B., Kretschmer, B., Baldock, D., Menadue, H., Nanni, S. & Tucker, G. (2014) *Space for energy crops – assessing the potential contribution to Europe’s energy future*. Report produced for BirdLife Europe, European Environmental Bureau and Transport & Environment. IEEP, London.

Andrade, A. C. (2009). Problema energético mundial – Estudo de soluções para o consumo de energia. Disponível em: <http://www.voltimum.pt/artigos/problema-energetico-mundial-estudo-de-solucoes-para-o-consumo-de-energia>.

Angelini, L., Ceccarini, L., & Bonari, E. (2005). Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax L.*) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22, 375–89. doi:10.1016/j.eja.2004.05.004.

Angelini, L., Ceccarini, L., Di Nasso, N., & Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax L.* and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33, 635-643. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.10.005.

Amaral, A. J. G. (2014). Potencialidades e perspectivas do aproveitamento da biomassa da cana (*Arundo donax L.*). *Dossier Eficiência Energética*, pp. 72–75.

Benton, N., Bell, G., & Swearingen, J. M. (2005). Fact sheet: Giant Reed. Consultado a 22-08-2015, em: <http://www.nps.gov/plants/alien/fact/ardo1.htm>.

Boland, J. M. (2006) The importance of layering in the rapid spread of *Arundo donax* (giant reed). *Madroño*, 53, 303–12. doi: [http://dx.doi.org/10.3120/0024-9637\(2006\)53\[303:TIOLIT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3120/0024-9637(2006)53[303:TIOLIT]2.0.CO;2).

Boose, A., & Holt, J. (1999). Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weed Research*, 39, 117-127.

Borin, M., Barbera, A. C., Milani, M., Molari, G., Zimbone, S. M., Toscano, A. (2013) Biomass production and N balance of giant reed (*Arundo donax L.*) under high water

and N input in Mediterranean environments. *European Journal of Agronomy*, 51, 117–119. doi:10.1016/j.eja.2013.07.005.

Brás, A. M., Miranda, F., Hipólito, L., & Dias, L. S. (2006). *Biomassa e produção de energia*. (pp. 26). Direcção Regional de Agricultura entre o Douro e o Minho.

Broek, V. D. R., Faaij, A., & Wijk, V. (1996). Biomass Combustion for Power Generation. *Biomass and Bioenergy*, 11(4), 271-281. doi: 10.1016/0961-9534(96)00033-5.

Caterpillar. (2007). Coal: Solution for an energy-dependent world. *Viewpoint*. 2, 7 – 11. Disponível em: <https://mining.cat.com/viewpoint07-2>.

Center for Renewable Energy Sources (CRES). (2006). Bioenergy chains from perennial crops in South Europe. Relatório final (nº ENK6-CT2001-00524). Disponível em: <http://cordis.europa.eu/documents/documentlibrary/91055601EN6.pdf>

Ceotto, E., & Candilo, M. D. (2010). Shoot cuttings propagation of giant reed (*Arundo donax L.*) in water and moist soil: The path forward?. *Biomass and Bioenergy*, 34(11), 1614-1623. doi: 10.1016/j.biombioe.2010.06.002.

Christou, M., Mardikis, M., Alexopoulou, E., Cosentino, S. L., Copani, V., & Sanzone, E. (2003). Environmental studies on *Arundo donax*. Proceedings of the 8th International Conference on environmental science and technology. Vol. B, pp. 102–112.

Christou, M. (2013). Giant reed (*Arundo donax L.*) agronomy and yields in Europe. Summer School of FIBRA, Catania, Italy http://www.fibrafp7.net/Portals/0/01_Christou.pdf.

Comissão de coordenação e desenvolvimento Regional do Algarve. (2004). Plano Regional de Ordenamento de Território (PROT) Algarve. Anexo H – Recursos Hídricos, Planeamento e Gestão do Recurso Água. Disponível em: <http://www.prot.ccdr-alg.pt/Download.aspx>.

Coulson, M., Dahl, J., Gansekoele, E., Bridgwater, A. V., Obernbeger, I., & Van de Bel, L. (2004). *Ash characteristics of perennial energy crops and their influence on thermal processing*. In 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome.

Dahl, J., & Obernbeger, I. (2004). Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops (*Arundo donax*, *Cynara cardunculus*, *Miscanthus X Giganteus*

and *Panicum virgatum*). In: 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Rome.

Dalianis, C., Christou, M., Sooter, C., Kyritsis, S., Zafiris, C. & Samiotakis, G. (1994). Productivity and energy potential of densely planted eucalypts in a two year short rotation, in D. O. Hall, *et al* (eds), *Biomass for Energy and Industry: Proceedings of the 7th Biomass Conference*, Ponte Press, Bochum, Germany

Dalianis, C., Sooter, C. & Christou, M. (1995). Growth, biomass productivity of *Arundo donax* and *Miscanthus sinensis* “giganteus”, in Chartier *et al* (eds) *Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry: Proceedings of the 8th EU Biomass Conference*, Pergamon Press, UK, Vol. 1, pp 575–582.

Decreto-Lei nº565/99 de 21 de Dezembro de 1999. *Diário da República nº 295 – I Série -A*. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei nº16/2009 de 14 de Dezembro de 2009. *Diário da República nº 9 – I Série*.

Decruyenaere, J. G., & Holt, J. S. (2001). Seasonality of clonal propagation in giant reed. *Weed Science*, 49(6), 760–767.

Dermibas, A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy conversion and management*, 42(11), 1357–1378. doi: 10.1016/S0196-8904(00)00137-0.

Desconhecido (2004). *Bioenergia – manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. pp. 198.

Dias, J. J. M. (2002). *Utilização da biomassa: avaliação dos resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa.

Direcção-Geral dos Recursos Florestais. (2011). *Bases de Ordenamento*. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/profs/resource/docs/prof/algar/bo-algarv.zip/view>.

Direcção Nacional das Fileiras Florestais. (2010). *Culturas energéticas florestais – Primeira a abordagem do levantamento da situação actual*. Adquirido em Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/biomassa-solid/biomassa-florest>.

Directiva 2003/30/CE de 8 de Maio de 2003. *Jornal Oficial da União Europeia*. Parlamento Europeu e do Conselho.

DiTomaso, J. M. (1998). *Biology and ecology of giant reed*. In: Bell, CE (ed). In: Arundo and saltcedar: the deadly duo, Proceedings of a workshop on combating the threat from arundo and saltcedar, 1998, Ontario, Canada. University of California, Cooperative Extension: 1–5.

DiTomaso, J. M., & Healy, E. A. (2003). *Aquatic and riparian weeds of the west*. University of California, p. 441.

Domac, J., Richards, K., & Risovic, S. (2005). Socio-economic drivers in implementing bioenergy projects. *Biomass & Bioenergy*, 28(2), 97 – 106. doi:10.1016/j.biombioe.2004.08.002

Duke, J. A. (1975). Ethnobotanical observations on the Cuna Indians. *Economic Botany*, 29, 278-293.

El Bassam, N. (1996). *Renewable energy: potential energy crops for Europe and the Mediterranean Region*. REU Technical Series (FAO). pp. 46, 200.

El Bassam, N. (2010). *A Complete Reference to Species, Development and Applications*. Handbook of Bioenergy Crops. Washington, DC: Earthscan.

Fernandes, J. P., Cruz, C. S. (2011). Limpeza e gestão de linhas de água – Pequeno guia prático. EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres, S.A.

Ferreira dos Santos, Manuel. (2006). *Culturas energéticas e resíduos florestais, Pessoas e lugares*. Jornal de Animação da Rede Portuguesa Leader +, 36, pp. 13.

Fiala, M. (2009). Biomasse erbacee poliennali adatte alla combustione. *L'Informatore Agrario*, 30, 50 – 53.

Flora-Ona – Flora interactiva de Portugal. (2015). *Arundo donax* L. Disponível em <http://www.flora-on.pt/#/1arundo+donax>.

FORESTIS – Associação Florestal de Portugal. (2014). Boas práticas no aproveitamento da biomassa florestal primária. *Actividade 2 – Gestão sustentável do recurso Florestal*.

Giessow, J., Casanova, J., Lecler, R., MacArthur, R., & Fleming, G. (2011). *Arundo donax* (giant reed): Distribution and Impact Report. California Invasive Plant Council: <http://www.cal-ipc.org/ip/research/arundo/index.php>.

Grupo FELTRE. (2009). Implantação florestal de Eucalipto. Alternativa de investimento sólido em bases sustentáveis. Consulta realizada a 14 Janeiro 2015, em <http://www.grupofeltre.com.br/eucalipto.htm>.

Hanegraaf, M., Biewinga, C., & Bijl, E. G. (1998). Assessing the ecological and economic sustainability of energy crops. *Biomass and Bioenergy*, 15(4-5), 345–355. doi:10.1016/S0961-9534(98)00042-7.

Lei nº58/2005 de 29 de Dezembro de 2005. *Diário da República nº 249 – I Série-A*. Assembleia da República.

Lewandowski, I., Scurlock, J. M. O., Lindvall, E., & Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), 335-361. doi:10.1016/S0961-9534(03)00030-8.

Lozano, M. S. (2009). *Evaluación de la biomassa como recurso energético renovable en Cataluña*. (Tese de Doutoramento). Universitat de Girona.

Maletta, E., & Lasorella, M. V. (2014). Biofuel Cropping Systems: Carbon, Land and Food (2014) "Lignocellulosic crops". In H. Langeveld (Ed.), *Land use, crop management and their impacts on economic, Environmental and social implications of biofuel production*, ISBN: 978041553539531.

Marchante, E., & Marchante, H. (2005). Plantas Invasoras em Portugal – fichas para identificação e controlo. Ed. dos autores. Coimbra.

Marchante E., & Marchante, H. (2007). As exóticas e invasoras. In: Sande Silva, J. (Ed.). *Do freixo à bétula, as outras espécies da floresta Portuguesa*. Vol. 5. LPN, Público & Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, pp. 179–198.

Marutzky, R., & Seeger, K. (1999) *Energie aus Holz und anderer Biomasse*, DRW-Verlag. Weinbrenner, Leinfelden-Echtlingen, Germany.

Maryan, P. S. (1997). Future prospects for energy crops in the UK. In: Bullard, M. J., Ellis, R. G., Heath, M. C., Knight, J. D., Lainsbury, M. A. & Parker, S. R. (Eds.). *Biomass and Energy Crops*, pp. 449–454. AAB.

Mavrogianopoulos, G., Vogli, V., & Kyritsis, S. (2002). Use of wastewater as a nutrient solution in a closed gravel hydroponic culture of giant reed (*Arundo donax*). *Bioresource Technology*, 82(2), 103-107. doi: 10.1016/S0960-8524(01)00180-8.

McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 2): Conversion Technologies. *Bioresource Technology*, 83(1), 47–54. doi: 10.1016/S0960-8524(01)00119-5.

Monteiro, A., Moreira, I., & Moreira, J. F. (2012). Controlo de cana (*Arundo donax*) em zonas Ribeirinhas. Em Campodron, J., Ferreira, M. T. & Ordeix, M. (Eds.). *Restauro e Gestão Ecológica Fluvial – Manual de boas práticas de gestão de rios e ribeiras*, pp. 314 – 324. CTFC e ISA Press.

Moura, C. (2005). Uma fonte de energia renovável. *Floresta e Ambiente*.

Nassi o Di Nasso, N., Roncucci, N., & Bonari, E. (2013). Seasonal dynamics of aboveground and belowground biomass and nutrient accumulation and remobilization in giant reed (*Arundo donax L.*): a three-year study on marginal land. *Bioenergy Research*, 6(2), 1–12. doi: 10.1007/s12155-012-9289-9.

Netto, C. (2008). *Potencial da biomassa florestal residual para fins energéticos de três concelhos do distrito de Santarém*. (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior Técnico. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Obernberger, I. (1998). Decentralized Biomass Combustion: State of the Art and Future Development. *Biomass and Bioenergy*. 14 (1), 33-56. doi: 10.1016/S0961-9534(97)00034-2.

Odero, D. C., Vollmer, K., & Ferrel, J. (2008). *Giant Reed (Arundo Donax): Biology, Identification, and Management*. Adquirido em University of Florida, IFAS Extension: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AG/AG30700.pdf> .

Odero, D. C., Gilbert, R., Ferrel, J., & Helsel, Z. (2008). *Production of Giant Reed for Biofuel*. Adquirido em University of Florida, IFAS Extension: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AG/AG32700.pdf>.

Oliveira, P. (2015). *Considerações sobre o clima do Algarve*. Adquirido em Direcção Regional de Agricultura e pescas do Algarve, DRAPALG: <http://www.drapalg.min-agricultura.pt/ema/images/artigos/DRAPALG%20EMAs%20-%20clima%20no%20Algarve.pdf>

Papazoglou, E. G., Karantounias, G. A., Vemmos, S. N., & Bouranis, D. L. (2005). Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environment International*, 31(2), 243–249. doi: 10.1016/j.envint.2004.09.022.

Papazoglou, E. G., Serelis, K. G., Bouranis, D. L. (2007). Impact of high cadmium and nickel soil concentration on selected physiological parameters of *Arundo donax* L. *European Journal of Soil Biology*, 43(4), 207–215. doi: 10.1016/j.ejsobi.2007.02.003.

Pari, L., Scarfone, A., Santangelo, E., Figorilli, S., Crognale, S., Petruccioli, M., Suardi, A., Gallucci, F., & Barontini, M. (2015). Alternative storage systems of *Arundo donax* L. and characterization of the stored biomass. *Industrial Crops and Production*, 75, 59 – 65. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.04.018.

Perdue, R. E. (1958). *Arundo donax* - Source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Botany*, 12, 368–404.

Peterson, D., & Haase, S. (2009). *Market Assessment of Biomass Gasification and Combustion Technology for Small- and Medium-Scale Applications*. (Technical Report). United States: National Renewable Energy Laboratory. Adquirido em 21 Novembro de 2015, em <http://www.nrel.gov/docs/fy09osti/46190.pdf>.

Petrini, C., Bazzocchi, R., Bonari, E., Ercoli, L., & Masoni, A. (1996). Effect of irrigation and nitrogen supply on biomass production from *Miscanthus* in Northern-Central Italy. *Agricoltura Mediterrânea*, 126, 275–284.

Pilu, R., Cassani, E., Landoni, M., Cerino Badone, F., Passera, A., Cantaluppi, E. (2014). Genetic characterization of Italian giant reed (*Arundo donax* L.) clones collection: exploiting clonal selection. *Euphytica*, 196(2), 169–181.

Plantas Invasoras em Portugal. (2013). *Arundo donax*. Disponível em: <http://invasoras.pt/gallery/arundo-donax/>.

Portaria nº528/89 de 11 de Julho de 1989. *Diário da República nº 157 – Série I*. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação.

Regulamento (CE) nº 1782/2003 de 29 de Setembro de 2003. *Jornal Oficial da União Europeia*. Conselho da União Europeia.

Santos, Luís. (2006). *Culturas energéticas e resíduos florestais, Pessoas e lugares*. *Jornal de Animação da Rede Portuguesa Leader +*, 36, pp. 14.

Singh, C., Kumar, V., & Pacholi, R. K. (1997). Growth performance of *Arundo donax* (giant reed) under difficult site conditions of Doon-Valley for erosion control. *Indian Forestry*, January 1997, 73–76.

Sheng, C., & Azevedo, J. L. T. (2005). Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. *Biomass and Bioenergy*, 28(5), 499–507. doi:10.1016/j.biombioe.2004.11.008.

Smith, A. C. (1979). *Flora Vitiensis nova: a new flora of Fiji*. National Tropical Botanical Garden, Hawaii.

Spencer, D. F., Ksander, G. G., & Whitehand, L. C. (2005). Spatial and temporal variation in RGR and leaf quality of a clonal riparian plant: *Arundo donax*. *Aquatic Botany*, 81(1), 27-36. doi:10.1016/j.aquabot.2004.11.001.

Sriram, N., & Shahidehpour, M. (2005). Renewable Biomass Energy. *Power Engineering Society General Meeting*, 1, 612 – 617. doi: 10.1109/PES.2005.1489459.

Takahashi, W., Takamizo, T., Kobayashi, M., Ebina, M. (2010). Plant regeneration from calli in giant reed (*Arundo donax* L.). *Grassland Science*, 56(4), 224–229. doi: 10.1111/j.1744-697X.2010.00198.x.

Turkenburg, W. C. (2000). Renewable energy technologies. *Energy and the challenge of sustainability*, pp. 219–272. UNDP, UNDESA/WEC, World Energy Assessment of the United Nations.

Werther, J., Saenger, M., Hartge, E. U., Ogada, T., & Siagi, Z. (2000). Combustion of agricultural residues. *Progress in Energy and Combustion Science*, 26(1), 1–27. doi:10.1016/S0360-1285(99)00005-2

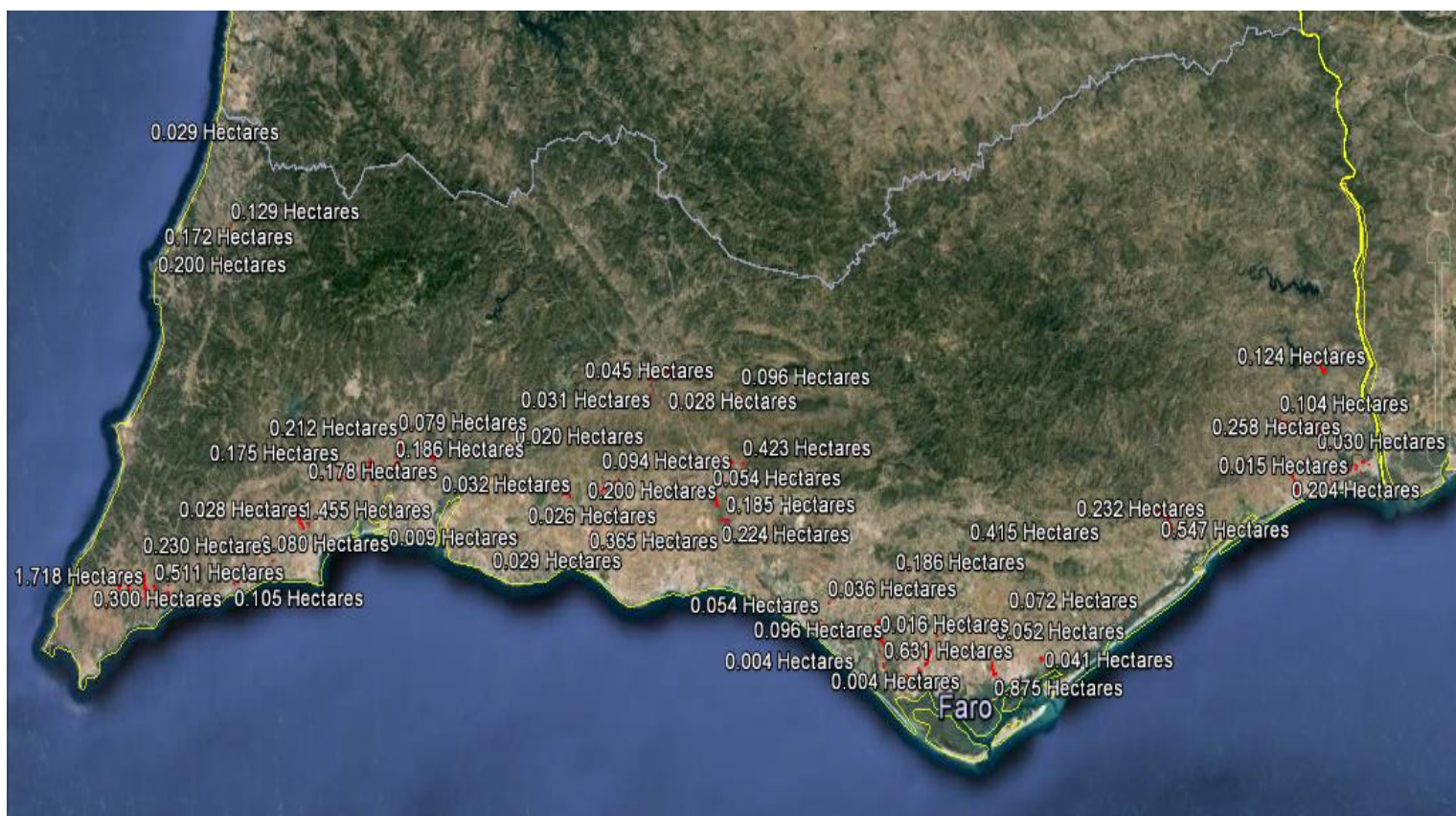
Van Loo, S., & Koppejan J. (2008). *The handbook of biomass combustion and co-firing*. Earthscan. ISBN: 978-1-84407-249-1.

Vecchiet, M., Jodice, R., & Schenone, G. (1996). *Agronomic research on giant reed (Arundo donax L.) management system and cultivation of two different provenances*. In: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, 24–27 June, pp. 644–648.

Venendaal, R., Jorgensen, U., & Foster, C. A. (1997). European energy crops: a synthesis. *Biomass and Bioenergy*, 13(3), 147–185. doi: 10.1016/S0961-9534(97)00029-9.

Anexos

- Anexo I – Mapa da distribuição de cana espontânea no Algarve



Mapa construído no *Google Earth* a partir das referências de avistamentos obtidas em:
<http://invasoras.pt/1000-avistamentos-de-arundo-donax-mapa-das-invasoras/>

- **Anexo II – Tabelas de apoio ao cálculo do preço da estilha e retorno dos investimentos**

Locais de fácil acesso

- Investimentos e produção:

Produção por hectare (t)	20		Rede cob. paletes	Estufa Área	
	0		€ 1738,2816	2803,68	m ²
Investimento total	30.805,08 €			Preço estufa	
Custos de emolumentos	1.000,00 €			10	€/m ²
Investimento Equipamentos	29.805,08 €			Consumíveis Escritório	
				30	€
Preço por tonelada	190,00 €				
Preço por kg	0,19 €	colheitas anuais iguais ou superiores a 8 há			
	1	2	3	4	5
VARIAÇÃO DO CRESCIMENTO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
PERDAS NO PROCESSAMENTO	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
TOTAL COLHIDO (ha)	8	8	8	8	8
TOTAL PRODUZIDO (t)	158,400	158,400	158,400	158,400	158,400

- Custos:

Custos			
Inflação	1,90%		
Risco Sistemático	7,00%	Taxa global	
Taxa de Remuneração do capital	3,50%	12,40%	
Equipamento	h	Custo/h ou custo/mês	Custo total
Ceifeira	17,36	236,95 €	4.113,45 €
2 Camiões auxiliares colheita	17,36	35,00 €	607,60 €
Transporte + descarregamento	113,79	35,00 €	3.982,76 €
Bobcat	13	25,00 €	325,00 €
Custos com pessoal			
Funcionário geral	35,56551724	6,00 €	213,39 €
Terreno			
Aluguer terreno		150,00 €	1.800,00 €
Aluguer contentor escritório		100,00 €	1.200,00 €
TOTAL			12.242,20 €

- Total de encargos, amortizações e rendimentos:

ANO	0	1	2	3	4	5
Investimento	-30.805,08 €					
Vendas						
Estilha		30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €
IVA		6922,08	6922,08	6922,08	6922,08	6922,08
TOTAL VENDAS		23.173,92 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €
Encargos						
Ceifeira		4.113,45 €	4.113,45 €	4.113,45 €	4.113,45 €	4.113,45 €
Camião auxiliar		4.590,36 €	4.590,36 €	4.590,36 €	4.590,36 €	4.590,36 €
Bobcat		325,00 €	325,00 €	325,00 €	325,00 €	325,00 €
Pessoal		213,39 €	213,39 €	213,39 €	213,39 €	213,39 €
Custos de funcionamento correntes		200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Seguro de actividade profissional		343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €
Seguro de acidentes de trabalho		190,00 €	190,00 €	380,00 €	380,00 €	380,00 €
Higiene e segurança no trabalho (HSE)		159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €
Aluguer terreno		1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €
Aluguer do contentor		1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €
Segurança social gestor		168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €
TOTAL DOS ENCARGOS		13.302,55 €	13.302,55 €	13.492,55 €	13.492,55 €	13.492,55 €
EBITDA		9.871,37 €	16.793,45 €	16.603,45 €	16.603,45 €	16.603,45 €
Amortizações						
Equipamento		5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €
TOTAL DE AMORTIZAÇÕES		5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €
RDA		3.910,35 €	10.832,43 €	10.642,43 €	10.642,43 €	10.642,43 €
Impostos						
IRS		567,00 €	2.107,24 €	2.053,09 €	2.053,09 €	2.053,09 €
RDAI		3.343,35 €	8.725,19 €	8.589,34 €	8.589,34 €	8.589,34 €
Amortizações		5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €	5.961,02 €
CASH FLOW	-30.805,08 €	9.304,37	14.686,20	14.550,35	14.550,35	14.550,35
CASH FLOW ACTUALIZADO	-30.805,08 €	8.277,91 €	11.624,57 €	10.246,48 €	9.116,08 €	8.110,39 €
CASH FLOW ACUMULADO	-30.805,08 €	-21.500,72 €	-6.814,51 €	7.735,84 €	22.286,20 €	36.836,55 €
Rendimento mensal do gerente		278,61 €	727,10 €	715,78 €	715,78 €	715,78 €

- Retorno investimento:

VAL	16.570,35 €	
TIR	31,06%	
ROI	53,79%	
Investimento total	30.805,08	
Payback	2	anos
	6	meses

Locais de difícil acesso

- Investimentos e produção:

Produção por hectare (t)	20				
	0			Estufa	Tempo
				Área	trituratora (h)
			m ²	2803,68	60
Investimento total	33.185,08 €			Preço estufa	Rede
Custos de emolumentos	1.000,00 €		€/m ²	10	1738,2816
Investimento Equipamentos	32.185,08 €			Consumíveis	Moto
				Escritório	roçadoura
			€	30	500
				Trituradora	
Preço por tonelada	190,00 €			1880	
Preço por kg	0,19 €				
	1	2	3	4	5
VARIAÇÃO DO CRESCIMENTO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
PERDAS NO PROCESSAMENTO	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
TOTAL COLHIDO (ha)	8	8	8	8	8
TOTAL PRODUZIDO (t)	158,400	158,400	158,400	158,400	158,400

- Custos:

Custos			
Inflação	1,90%		
Risco Sistemático	7,00%	Taxa global	
Taxa de Remuneração do capital	3,50%	12,40%	
Equipamento	h	Custo/h ou custo/mês	Custo total
Retroescavadora	60	30,00 €	1.800,00 €
Camião auxiliar colheita	60	35,00 €	2.100,00 €
Tractor	60	41,20 €	2.472,00 €
Transporte + descarregamento	113,79	35,00 €	3.982,76 €
Bobcat	13	25,00 €	325,00 €
Custos com pessoal			
Funcionario geral	95,56551724	6,00 €	573,39 €
Funcionario polivalente	60	6,00 €	360,00 €
Funcionario polivalente		6,00 €	0,00 €
Terreno			
Aluguer terreno		150,00 €	1.800,00 €
Aluguer contentor escritorio	1	100,00 €	1.200,00 €
TOTAL			14.613,15 €

- Total de encargos, amortizações e rendimentos:

ANO	0	1	2	3	4	5
Investimento	-33.185,08 €					
Vendas						
Estilha		30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €
IVA		6922,08	6922,08	6922,08	6922,08	6922,08
TOTAL VENDAS		23.173,92 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €	30.096,00 €
Encargos						
Retroescavadora		1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €
Camião auxiliar		6.082,76 €	6.082,76 €	6.082,76 €	6.082,76 €	6.082,76 €
Bobcat		325,00 €	325,00 €	325,00 €	325,00 €	325,00 €
Tractor		2.472,00 €	2.472,00 €	2.472,00 €	2.472,00 €	2.472,00 €
Pessoal		933,39 €	933,39 €	933,39 €	933,39 €	933,39 €
Custos de funcionamento correntes		200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Seguro de actividade profissional		343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €
Seguro de acidentes de trabalho		190,00 €	190,00 €	380,00 €	380,00 €	380,00 €
Higiene e segurança no trabalho (HSE)		159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €
Aluguer terreno		1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €	1.800,00 €
Aluguer do contentor		1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €
Segurança social gestor		168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €
TOTAL DOS ENCARGOS		15.673,50 €	15.673,50 €	15.863,50 €	15.863,50 €	15.863,50 €
EBITDA		7.500,42 €	14.422,50 €	14.232,50 €	14.232,50 €	14.232,50 €
Amortizações						
Equipamento		6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €
TOTAL DE AMORTIZAÇÕES		6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €
RDA		1.063,40 €	7.985,48 €	7.795,48 €	7.795,48 €	7.795,48 €
Impostos						
IRS		154,19 €	1.295,86 €	1.241,71 €	1.241,71 €	1.241,71 €
RDAI		909,21	6.689,62	6.553,77	6.553,77	6.553,77
Amortizações		6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €	6.437,02 €
CASH FLOW	-33.185,08 €	7.346,22	13.126,64	12.990,79	12.990,79	12.990,79
CASH FLOW ACTUALIZADO	-33.185,08 €	6.535,79 €	10.390,13 €	9.148,22 €	8.138,98 €	7.241,09 €
CASH FLOW ACUMULADO	-33.185,08 €	-25.838,86 €	-12.712,22 €	278,57 €	13.269,35 €	26.260,14 €
Rendimento mensal do gerente		75,77 €	557,47 €	546,15 €	546,15 €	546,15 €

- Retorno investimento:

VAL	8.269,12 €	
TIR	21,32%	
ROI	24,92%	
Investimento total	33.185,08	
Payback	2	anos
	12	meses

- Total de encargos, amortizações e rendimentos:

ANO	0	1	2	3	4	5
Investimento	-381.448,51 €					
Vendas						
Estilha		283.140,00 €	283.140,00 €	283.140,00 €	283.140,00 €	283.140,00 €
IVA		65.122,20 €	65.122,20 €	65.122,20 €	65.122,20 €	65.122,20 €
TOTAL VENDAS		218.017,80 €	283.140,00 €	283.140,00 €	283.140,00 €	283.140,00 €
Encargos						
Ceifeira		34.653,94 €	34.653,94 €	34.653,94 €	34.653,94 €	34.653,94 €
Camião		48.853,66 €	48.853,66 €	48.853,66 €	48.853,66 €	48.853,66 €
Tractor		19.412,82 €	19.412,82 €	19.412,82 €	19.412,82 €	19.412,82 €
Reboque		1.306,50 €	1.306,50 €	1.306,50 €	1.306,50 €	1.306,50 €
Subsolador		250,98 €	250,98 €	250,98 €	250,98 €	250,98 €
Derregador		9,52 €	9,52 €	9,52 €	9,52 €	9,52 €
Pá niveladora		48,77 €	48,77 €	48,77 €	48,77 €	48,77 €
Bobcat		7.100,00 €	7.100,00 €	7.100,00 €	7.100,00 €	7.100,00 €
Pessoal		16.800,00 €	16.800,00 €	16.800,00 €	16.800,00 €	16.800,00 €
Rega - fertilizantes		10.062,00 €	10.062,00 €	10.062,00 €	10.062,00 €	10.062,00 €
Custos de funcionamento correntes		200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €	200,00 €
Seguro de actividade profissional		343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €	343,35 €
Seguro de acidentes de trabalho		190,00 €	190,00 €	380,00 €	380,00 €	380,00 €
Higiene e segurança no trabalho (HSE)		159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €	159,00 €
Aluguer do contentor		1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €	1.200,00 €
Segurança social gestor		168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €	168,00 €
TOTAL DOS ENCARGOS		140.758,54 €	140.758,54 €	140.948,54 €	140.948,54 €	140.948,54 €
EBITDA		77.259,26 €	142.381,46 €	142.191,46 €	142.191,46 €	142.191,46 €
Amortizações						
Equipamento		76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €
TOTAL DE AMORTIZAÇÕES		76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €
RDA		1.169,56 €	66.291,76 €	66.101,76 €	66.101,76 €	66.101,76 €
Impostos						
IRS		169,59 €	5.951,29 €	5.865,79 €	5.865,79 €	5.865,79 €
RDAI		999,97 €	60.340,47 €	60.235,97 €	60.235,97 €	60.235,97 €
Amortizações		76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €	76.089,70 €
CASH FLOW	-381.448,51 €	77.089,67 €	136.430,17 €	136.325,67 €	136.325,67 €	136.325,67 €
CASH FLOW ACTUALIZADO	-381.448,51 €	68.585,12 €	107.988,57 €	96.001,65 €	85.410,72 €	75.988,19 €
CASH FLOW ACUMULADO	-381.448,51 €	-304.358,84 €	-167.928,67 €	-31.603,00 €	104.722,66 €	241.048,33 €
Rendimento mensal do gerente		83,33 €	5.028,37 €	5.019,66 €	5.019,66 €	5.019,66 €

- Retorno investimento:

VAL	52.525,73 €	
TIR	17,44%	
ROI	13,77%	
Investimento total	381.448,51	
Payback	3	anos
	3	meses

Caldeira

- Investimentos:

	0			
Investimento total	97.173,73 €		Caldeira	Sist. Alimentação
			79.333,81 €	12.839,92 €
Investimento Equipamentos	97.173,73 €			Depósito
				5.000,00 €

- Custos:

- Com aquisição de estilha de cana cultivada

Custos			
Inflação	1,90%		
Risco Sistemático	7,00%	Taxa global	
Taxa de Remuneração do capital	3,50%	12,40%	
Combustível	Quantidade	Custo	Custo total
Estilha (kg)	230366,16	0,22 €	50.680,56 €
Manutenção equipamentos			
Manutenção decenal caldeira	3	35.700,21 €	3.570,02 €
Manutenção decenal sist. alimentação	3	4.493,97 €	449,40 €
I	22	26.000,00 €	312.000,00 €
TOTAL			366.699,97 €

- Com aquisição de estilha de cana espontânea

Custos			
Inflação	1,90%		
Risco Sistemático	7,00%	Taxa global	
Taxa de Remuneração do capital	3,50%	12,40%	
Combustível	Quantidade	Custo	Custo total
Estilha (kg)	230366,16	0,19 €	43.769,57 €
Manutenção equipamentos			
Manutenção decenal caldeira	3	35.700,21 €	3.570,02 €
Manutenção decenal sist. alimentação	3	4.493,97 €	449,40 €
I	22	26.000,00 €	312.000,00 €
TOTAL			359.788,99 €

- Total de encargos, amortizações e rendimentos:

- Estilha de cana cultivada

ANO	0	1	2	3	4	5
Investimento	-97.173,73 €					
Vendas		397.850,00	397.850,00	397.850,00	397.850,00	397.850,00
Subsídios		240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00
TOTAL VENDAS		637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €
Encargos						
Combustível		50.680,56 €	50.680,56 €	50.680,56 €	50.680,56 €	50.680,56 €
Manutenção caldeira		3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €
Manutenção sist. alimentação		449,40 €	449,40 €	449,40 €	449,40 €	449,40 €
Encargo 1		312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €
Encargo 2		121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €
Encargo 3		120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €
TOTAL DOS ENCARGOS		608.661,56 €	608.661,56 €	608.661,56 €	608.661,56 €	608.661,56 €
EBITDA		29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €
Caldeira		15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €
Sistema de alimentação		2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €
TOTAL DE AMORTIZAÇÕES		18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €
RDA		10.753,69 €	10.753,69 €	10.753,69 €	10.753,69 €	10.753,69 €
Amortizações		18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €
CASH FLOW	-97.173,73 €	29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €	29.188,44 €
CASH FLOW ACTUALIZADO	-97.173,73 €	25.968,36 €	23.103,52 €	20.554,74 €	18.287,13 €	16.269,69 €
CASH FLOW ACUMULADO	-97.173,73 €	-67.985,29 €	-38.796,86 €	-9.608,42 €	19.580,01 €	48.768,45 €

- Estilha de cana espontânea

ANO	0	1	2	3	4	5
Investimento	-97.173,73 €					
Vendas		397.850,00	397.850,00	397.850,00	397.850,00	397.850,00
Subsídios		240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00	240.000,00
TOTAL VENDAS		637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €	637.850,00 €
Encargos						
Combustível		43.769,57 €	43.769,57 €	43.769,57 €	43.769,57 €	43.769,57 €
Manutenção caldeira		3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €	3.570,02 €
Manutenção sist. alimentação		449,40 €	449,40 €	449,40 €	449,40 €	449,40 €
Encargo 1		312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €	312.000,00 €
Encargo 2		121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €	121.519,63 €
Encargo 3		120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €	120.441,96 €
TOTAL DOS ENCARGOS		601.750,58 €	601.750,58 €	601.750,58 €	601.750,58 €	601.750,58 €
EBITDA		36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €
Caldeira		15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €	15.866,76 €
Sistema de alimentação		2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €	2.567,98 €
TOTAL DE AMORTIZAÇÕES		18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €
RDA		17.664,67 €	17.664,67 €	17.664,67 €	17.664,67 €	17.664,67 €
Amortizações		18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €	18.434,75 €
CASH FLOW	-97.173,73 €	36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €	36.099,42 €
CASH FLOW ACTUALIZADO	-97.173,73 €	32.116,92 €	28.573,77 €	25.421,51 €	22.617,00 €	20.121,89 €
CASH FLOW ACUMULADO	-97.173,73 €	-61.074,31 €	-24.974,89 €	11.124,53 €	47.223,95 €	83.323,37 €

- Retorno investimento:

- Estilha de cana cultivada

VAL	7.009,71 €	
TIR	15,29%	
ROI	7,21%	
Investimento total	97.173,73	
Payback	3	anos
	4	meses

- Estilha de cana espontânea

VAL	31,677.36 €	
TIR	24.95%	
ROI	32.60%	
Investimento total	97,173.73	
Payback	2	anos
	8	meses

• **Anexo III – Especificações da caldeira e sistema de alimentação**

- Caldeira

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt38cbh010dd	Ud	Caldeira para a combustão de estilhas, potência nominal de 79 a 350 kW, com corpo de aço soldado e ensaiado à pressão, de 1973x1186x2054 mm, isolamento interior de 80 mm de espessura, câmara de combustão com sistema automático de limpeza do queimador através de prato vibratório, permutador de calor de tubos verticais com mecanismo de limpeza automática, sistema de recolha e extracção de cinzas do módulo de combustão, sistema motorizado com fita de recolha automática e depósito com capacidade de 240 l, controlo da combustão através de sonda integrada, sistema de comando integrado com ecrã LCD, para o controlo da combustão, do acumulador de A.Q.S., do depósito de inércia, do sistema de elevação da temperatura de retorno e da válvula misturadora para um aquecimento rápido do circuito de aquecimento.	1,000	54.893,48	54.893,48
mt38cbh099f	Ud	Base de apoio anti-vibrações, para caldeira.	1,000	220,35	220,35
mt38cbh015b	Ud	Sistema de depuração de gases procedentes da combustão, formado por separador ciclónico, ventilador extractor, revestido com isolamento e ligações anti-vibração, para caldeira de biomassa.	1,000	6.974,18	6.974,18
mt38cbh125a	Ud	Base de apoio anti-vibrações para o separador ciclónico de fumos.	1,000	70,20	70,20
mt38cbh014b	Ud	Depósito para cinzas da combustão, para caldeira de biomassa Biomatic BioControl, com tampa para o depósito.	1,000	557,60	557,60
mt38cbh024b	Ud	Depósito para cinzas do permutador, para caldeira de biomassa Biomatic BioControl, com tampa para o depósito.	1,000	643,40	643,40
mt38cbh027d	Ud	Depósito para cinzas do separador ciclónico de fumos, para caldeira de biomassa Biomatic BioControl, com tampa para o depósito.	1,000	643,40	643,40
mt38cbh085mg	Ud	Sistema de elevação da temperatura de retorno acima de 55°C, composto por válvula motorizada de 3 vias de 80 mm de diâmetro e bomba de circulação para evitar condensações e deposições de fuligem no interior da caldeira.	1,000	4.974,45	4.974,45
mt38cbh091e	Ud	Ligação anti-vibração para conduta de fumos de 250 mm de diâmetro.	1,000	313,95	313,95
mt38cbh096e	Ud	Regulador de tiragem de 250 mm de diâmetro, com clapeta anti-explosão, para caldeira.	1,000	341,25	341,25
mt38cbh102e	Ud	Direcção de montagem e cablagem de caldeira de biomassa.	1,000	3.412,50	3.412,50
mt38cbh100a	Ud	Arranque e formação no manuseamento de caldeira de biomassa.	1,000	945,75	945,75
mo004	h	Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	45,000	17,41	783,45
mo103	h	Ajudante de instalador de aquecimento.	45,000	16,42	738,90
	%	Meios auxiliares	2,000	75.512,86	1.510,26
	%	Custos indirectos	3,000	77.023,12	2.310,69
Custo de manutenção decenal: 35.700,21€ nos primeiros 10 anos.				Total:	79.333,81

- Sistema de alimentação

<input type="radio"/> Potência nominal de 25 a 65 kW <input type="radio"/> Potência nominal de 130 a 201 kW <input checked="" type="radio"/> Potência nominal de 220 a 450 kW	<input type="radio"/> Potência nominal de 80 a 101 kW <input type="radio"/> Potência nominal de 249 a 301 kW <input type="radio"/> Potência nominal de 500 a 1000 kW
---	--

Sistema de alimentação

Extractor rotativo inclinado
 Extractor rotativo horizontal, com tubo de queda
 Extractor rotativo horizontal, com sem-fim elevador 15-30°
 Extractor rotativo inclinado com tubo de queda, com sem-fim elevador 0-45°

Comprimento "L" do tramo coberto fora do silo (m)

Diâmetro do extractor (m)

Comprimento "L2" (m)

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt38cbh245c	Ud	Disco rotativo para extractor rotativo, com motor para alimentação trifásica a 400 V, ligação a caldeira e engrenagem, para sistema de alimentação de caldeira de biomassa.	1,000	5.799,30	5.799,30
mt38cbh246a	Ud	Extractor rotativo de 2 m de diâmetro, formado por lâminas e transportador helicoidal sem-fim, para sistema de alimentação de caldeira de biomassa.	1,000	1.207,05	1.207,05
mt38cbh244g	Ud	Alargamento de transportador helicoidal sem-fim fechado de 2 m de comprimento, para sistema de alimentação de caldeira de biomassa.	1,000	764,40	764,40
mt38cbh165b	Ud	Sistema de elevação para estilhas e pellets, através de transportador helicoidal sem-fim de 1,2 m de comprimento, com motorização independente, para sistema de alimentação de caldeira de biomassa.	1,000	2.919,15	2.919,15
mt38cbh166b	m	Alargamento de sistema de elevação para estilhas e pellets, para sistema de alimentação de caldeira de biomassa.	2,000	647,40	1.294,80
mo004	h	Oficial de 1ª instalador de aquecimento.	7,000	17,41	121,87
mo103	h	Ajudante de instalador de aquecimento.	7,000	16,42	114,94
	%	Meios auxiliares	2,000	12.221,51	244,43
	%	Custos indirectos	3,000	12.465,94	373,98
Custo de manutenção decenal: 4.493,97€ nos primeiros 10 anos.				Total:	12.839,92