



Modelação do aquecimento de água de uma indústria local por meio de energias renováveis e estudo da sua viabilidade económica

Luís Filipe Fraga Serpa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão de Sistemas de Água

Abril de 2015



Resumo

A gestão de água é geralmente associada a uma gestão das suas fontes usadas para consumo. Outras vezes, essa gestão corresponde aos tratamentos que esta sofre nas estações de tratamento. Porém, esta gestão nem sempre passa por esses processos, sendo que por vezes tem a ver com os usos a que esta é sujeita. Existem diversas empresas que usam este recurso para o seu funcionamento, contudo, o uso desta água tem sempre um custo associado e deve ser gerido da melhor forma, a fim de evitar gastos desnecessários, quer económicos, quer do próprio recurso.

A Fábrica de Rações Terceirenses, Rater, é uma empresa local produtora de ração agrícola, que usa água num sistema de aquecimento alimentado a gasóleo, um combustível fóssil. Assim, este projecto tem o intuito de estudar o uso de um combustível renovável, pellets, para realizar o aquecimento desta água, de forma a trazer um menor custo para a empresa em questão.

Procedeu-se a uma análise termodinâmica e económica com o intuito de estudar o melhor sistema para empresa e a sua viabilidade. Estudaram-se diferentes soluções em que se comparou o combustível fóssil usado actualmente com a biomassa, quer com o processo de fabrico actual, quer com alterações. As alterações equacionadas foram a implementação de um economizador à entrada da caldeira e a implementação de um ciclo de Rankine Orgânico para produção de electricidade. Todas estas análises foram realizadas através de um simulador numérico criado de raiz e que acompanha este trabalho escrito.

Os resultados obtidos permitem inferir que a produção de electricidade não é economicamente viável para esta fábrica de pequenas dimensões. O uso de um economizador, sendo viável, não produz poupanças muito significativas. Pelo contrário, a substituição do combustível em vigor por pellets gera uma elevada poupança. Independentemente do investimento inicial em equipamento, o período de retorno não excede os 5 anos.

Em conclusão, as pellets são um bom substituto do combustível em vigor obtendo-se uma elevada poupança com ganhos ambientais.

Palavras Chave: água, pellets, produção de vapor, rações animais



Abstract

Water management is usually associated with its sources for consumption. Other times, this management corresponds to the treatments that it takes in water treatment plants. However, water management does not always involve these processes, but sometimes it is related to its uses. There are several industries that use this resource for their operation, however the use of this water has always an associated economic cost and it must be managed in the best way, in order to avoid unnecessary economic costs and misuses.

The Fábrica de Rações Terceirense, Rater is a local agricultural feed company, which uses water on a heating system fueled with diesel, a fossil fuel. So, this work has the purpose of studying the use of a renewable fuel, pellets, to heat the water, in order to minimize the company operating costs.

A thermodynamic and economic analysis was performed in order to study the best system for the company. Different solutions were addressed, comparing the fuel in use with pellets, either using the same design of the plant, or with some minor changes to the system. The changes consisted in the addition of an economizer at the entrance of the boiler, and the implementation of an Organic Rankine Cycle to produce electricity. All these analyses were made using a numeric simulator made from scratch that is in attachment.

The results obtained allow us to conclude that the production of electricity is not economically viable for this plant of small proportions. The use of an economizer, being viable, does not generate significant savings. On the other hand, the replacement of the fossil fuel by pellets, brings a large saving for the company. Independently of the initial investment required, the payback period does not exceed 5 years.

In conclusion, pellets are a good replacement for the fuel in use generating a very large saving with environmental benefits.

Key words: water, pellets, vapor production, animal feed



Agradecimentos

Quero agradecer ao Professor Miguel Tavarela, por todo o apoio e incansável ajuda que deu na elaboração deste projecto e muitas vezes foi a motivação, que eu não tinha.

Ao Engenheiro António Simões, por todos os dados da Rater disponibilizados, que permitiram resultados mais fiáveis.

À minha namorada, que me aturou nestes meses e ficou comigo em casa, enquanto fazia o projecto.

À minha família, que tanto me chateou para acabar o projecto. Sem eles, acho que não o tinha feito.



Índice Conteúdos

Índice

1. Introdução.....	9
1.1. A Importância da Água na Indústria	9
1.2. Biomassa	9
1.2.1. Caracterização da Biomassa em Portugal.....	9
1.2.2. Densificação da Biomassa	10
1.2.3. Mercado Açoriano	12
1.2.4. Caldeiras a Biomassa	12
1.2.5. Biomassa versus Combustíveis fósseis	13
1.3. Fundamentos da Combustão de Biomassa	15
1.3.1. Caracterização da Biomassa como combustível	15
1.3.2. Combustão da Biomassa	16
1.4. Plano Económico.....	18
1.4.1. Capital Investido	18
1.4.2. Receitas e despesas de exploração	19
1.4.3. Período de vida útil	19
1.4.4. Valor Residual	19
1.4.5. Métricas para avaliação financeira de projecto	19
2. Objectivo	21
3. Metodologia	22
4. Caso de Estudo.....	23
4.1. Aquecimento de Água sem Produção de Electricidade	24
4.2. Aquecimento de Água e Produção de Electricidade.....	25
5. Resultados.....	28
5.1. Cálculos	30
5.2. Análise de Sensibilidade	33
5.2.1. Consumo/Preço Gasóleo	35
5.2.2. Consumo/Preço Pellet	37
5.2.3. Consumo/Fluxo de massa de combustível	39
5.2.4. Electricidade/Fluxo massa de água	41
5.2.5. Consumo/Pressão Água.....	42
5.2.6. Consumo/TC.....	44



5.2.7.	Rendimento da Caldeira/Consumo	45
5.3.	Análise Económica	46
5.3.1.	Análise Económica sem Caldeira	50
5.3.2.	Análise Económica com Caldeira.....	52
6.	Discussão dos resultados e Conclusões	56
7.	Bibliografia.....	58
8.	Anexos	59



Índice Imagens

Figura 1 – Exemplos de produtos finais de biomassa	10
Figura 2 – Variação da massa na combustão em função do tempo	17
Figura 3 – Esquema actual de produção de ração	23
Figura 4 – Esquema de aquecimento de água com economizador	25
Figura 5 – Esquema de aquecimento de água com produção de electricidade.....	26
Figura 6 – Sistema Actual da Rater	28
Figura 7 – Sistemas estudados no simulador numérico.....	30
Figura 8 – Menu de introdução de dados para o Sistema Actual.....	31
Figura 9 – Menu de introdução de dados para o sistema de aquecimento de água e ORC	31
Figura 10 – Ciclos para a análise de sensibilidade	33
Figura 11 – Análises possíveis de realizar.....	34
Figura 12 – Menu de introdução de dados termodinâmicos para a análise económica	48
Figura 13 – Menu de introdução dos dados económicos para a análise económica	48
Figura 14 – Custo Total Projecto sem economizador, Gasóleo/Pellets em 20 anos (€) sem caldeira.....	50
Figura 15 – Custo total do projecto com economizador, Gasóleo/Pellets em 20 anos (€) sem caldeira.....	50
Figura 16 – Custo total projecto a Gasóleo, sistema actual/economizador em 20 anos (€) sem caldeira.....	51
Figura 17 – Custo total projecto a Pellets, sistema actual/economizador em 20 anos (€) sem caldeira.....	51
Figura 18 – Custo total projecto sem economizador, Gasóleo/Pellets em 20 anos (€) com caldeira.....	52
Figura 19 – Custo total projecto com economizador, Gasóleo/Pellets em 20 anos (€) com caldeira.....	53
Figura 20 – Custo total a Pellets, sistema actual/economizador em 20 anos (€) com caldeira ..53	



Índice Gráficos

Gráfico 1 - Sistema Actual - Consumo (€/mês)/ Custo Gasóleo (€L).....	36
Gráfico 2 - Sistema com economizador - Consumo (€/mês)/ Preço Gasóleo (€L).....	36
Gráfico 3 - Aquecimento e ORC - Consumo (€/mês)/ Preço Gasóleo (€L).....	37
Gráfico 4 - Sistema Actual - Consumo (€/mês)/ Custo Pellet (€/kg).....	38
Gráfico 5 - Sistema com economizador - Consumo (€/mês)/ Custo Pellet (€/kg).....	38
Gráfico 6 - Aquecimento e ORC - Consumo (€/mês)/ Preço Pellet (€/kg).....	39
Gráfico 7 - Sistema Actual - Consumo (€/mês)/ Fluxo de massa combustível (kg/s).....	40
Gráfico 8 - Sistema com economizador - Consumo (€/mês)/ Fluxo de massa combustível (kg/s).....	40
Gráfico 9 - Aquecimento e ORC - Consumo (€/mês)/ Fluxo de massa combustível (kg/s).....	41
Gráfico 10 - Aquecimento e ORC - Produção Electricidade (kWe)/ Fluxo de massa água (kg/s).....	42
Gráfico 11 - Sistema Actual –Consumo (€/mês)/ Pressão (MPa).....	43
Gráfico 12 - Sistema com economizador - Consumo (€/mes)/ Pressão (MPa).....	43
Gráfico 13 - Sistema com economizador - Consumo (€/mes)/ TC (°C).....	44
Gráfico 14 – Sistema Actual –Consumo (€/mês)/ eficiência caldeira.....	45
Gráfico 15 - Sistema com economizador - Consumo (€/mês)/ eficiência caldeira.....	45
Gráfico 16 – Período de Retorno/Preço do Gasóleo.....	54
Gráfico 17 – Período de Retorno/Preço das Pellets.....	54



Índice Tabelas

Tabela 1 – Empresas produtoras de pellets em Portugal	12
Tabela 2 – Dados padrão para produção de ração	28
Tabela 3 – Dados estimados para o sistema de aquecimento	29
Tabela 4 – Resultados dos vários sistemas estudados.....	32
Tabela 5 – Resultados da análise de sensibilidade para vários valores de pressão de água	35



1. Introdução

1.1.A Importância da Água na Indústria

A água é muito usada na indústria e nas mais variadas aplicações. Alguns dos exemplos da sua aplicação mais importantes são o aquecimento, a realização de processos que requeiram vapor, ou até mesmo a produção de electricidade, (3).

Porém, para se proceder ao aquecimento da água ou formação de vapor é necessário existir uma fonte quente que lhe transmita calor, a fim de aumentar a sua energia interna. Para este fim é normal recorrer-se aos combustíveis fósseis, mas nos dias de hoje o seu uso é muito preocupante do ponto de vista ambiental, levando a que sejam procuradas energias alternativas.

Assim, muitas vezes, a gestão da água não passa apenas pelos reservatórios de abastecimento da população, ou do tratamento das águas residuais, mas também pelas diversas indústrias que a usam como meio de aquecimento necessitando para tal de elevadas quantidades de combustível. Hoje em dia existem muitas caldeiras de aquecimento de água já optimizadas (1), conseguindo uma significativa poupança de combustível, porém os gastos continuam a ser elevados e os custos acabam por ser incertos devido às flutuações do mercado dos combustíveis.

É por isso, que a gestão de água passa por vezes, não na forma de como se a obtém, mas na forma de como se a usa e se investe na mesma (2).

1.2. Biomassa

1.2.1. Caracterização da Biomassa em Portugal

De acordo com (7), a biomassa em Portugal pode ter origem em diversos sectores da actividade humana. São produzidos resíduos de biomassa directamente da actividade florestal e agrícola, das actividades industriais de 1^a e 2^a transformação e ainda da finalização do ciclo de vida de produtos lenhosos. No entanto estes resíduos, ramagens, árvores, etc, possuem outras utilizações finais, para além da obtenção de energia através da queima ou produção de biocombustíveis líquidos e gasosos, tais como o uso em construções, oficinas de carpintaria.

Os resíduos florestais incluem os topos e ramos de árvores como o pinheiro e eucalipto, assim como podas de árvores tais como o sobreiro e a azinheira. Em alguns casos a



casca do eucalipto é retirada ainda no eucaliptal, começando, no entanto, a ser mais frequente a sua remoção na indústria durante o processamento dos toros. Os resíduos da actividade agrícola são constituídos por podas de culturas permanentes (árvores de fruto, olivais) e resíduos resultantes do processamento para a obtenção do produto principal de culturas temporárias (e.g. centeio, milho, girassol). Pode-se incluir a biomassa originada em culturas energéticas, como a cultura de amêndoa e açúcar, no entanto, neste caso, não se trata de um resíduo, mas do produto final.

A valorização energética de produtos de madeira em fim de vida é uma alternativa atractiva à reciclagem. No entanto a contaminação das madeiras com vestígios de produtos derivados de petróleo cuja presença no combustível implica um cuidado especial na operação dos sistemas de combustão, em particular na manutenção, implica que o uso destes resíduos como combustível seja cuidadosamente ponderado.

Em Portugal existe uma grande fonte de biomassa, a floresta. Este recurso deve ser alvo de uma avaliação, a fim de discernir o seu melhor aproveitamento. A floresta portuguesa continental cobre cerca de 38% do território. Este valor demonstra claramente a importância da biomassa sólida como recurso em Portugal. Contudo, a área florestal tem sofrido reduções ao longo dos anos, ao ser devastada por contínuos incêndios, geralmente ocasionados por mão criminosa e uso indevido do fogo. Nos Açores, a área total de floresta e área de floresta não natural são, respetivamente, de 31% e 21% da área do território (15).

1.2.2. Densificação da Biomassa

A biomassa sólida encontra-se disponível em várias formas para combustão, tal como recolhida ou processada. Na Figura 1 observa-se, da esquerda para a direita, toros (lenha), casca de árvore, estilha e pellets, sendo que o nível de processamento também aumenta no mesmo sentido, aumentando consequentemente a sua densificação. As pellets são o produto mais refinado desta densificação. Este processo de densificação, permite compactar a biomassa, diminuindo o seu teor de humidade.



Figura 1 – Exemplos de produtos finais de biomassa



O uso de biomassa densificada possui vantagens importantes em relação ao uso de biomassa não densificada, tais como:

- Maior tempo de armazenamento, em comparação com a lenha, dado que não ocorre degradação acentuada devido ao baixo teor de humidade.
- Custo reduzido – o rendimento térmico elevado torna o custo por unidade de energia mais baixo.
- Manuseamento fácil – alimentação dos sistemas de combustão é automático, fáceis de transportar e armazenar.
- Manutenção fácil - os equipamentos de combustão exigem apenas remoção de cinzas e limpezas periódicas.
- Ignição rápida - devido a um baixo teor de humidade e dimensões uniformes.
- Menor emissão de partículas.
- Características homogéneas – a combustão dá-se de forma uniforme e consistente.

Em Portugal existem algumas empresas produtoras de pellets, sendo que o país tem uma capacidade de produção anual de 705 000 toneladas de acordo com (12) em 2011. Na tabela 1, é possível ver quais as empresas responsáveis pela produção, bem como a sua capacidade. Desde 2011 o número de empresas aumentou significativamente, tendo surgido empresas novas todos os anos, reforçando a ideia que existe uma grande aposta neste tipo de combustível.



Empresa	Localização	Capacidade Ton/ano	Produção Ton/ano
Enermontijo	Pegões	100.000	-
Grupo Gesfinu – Pellets Power	Viseu	100.000	85.000
Grupo Gesfinu – Junglepowers	Lousada	95.000	80.000
Grupo Gesfinu –	Setúbal	105.000	60.000
Grupo Visabeira – Pinewells	Arganil	120.000	100.000
Grupo JAF – Nova Lenha	Oleiros	60.000	40.000
Enerpellets	Pedrogão Grande	150.000	40.000
Grupo Alcide Branco, Biobranco - Centroliva	Vila Velha de Rodão	60.000	-
Grupo Proef Stallep	Chaves	30.000	-
Lusoparque	Oliveira de Azeméis	25.000	-
Grupo Alcide Branco, Tomsil	Ferreira do Alentejo	30.000	-
Vimasol	Celorico de Basto	9.000	-
Micropellets	Ílhavo	-	-
Pellets Land	Pedrogão Grande	-	-
Pellets First	Alcobaça	1.200	-
Tec pellets	Póvoa do Varzim	100.000	-
SKM pellets	Viana do Castelo	-	-

Tabela 1 – Empresas produtoras de pellets em Portugal

1.2.3. Mercado Açoriano

Actualmente, na Região Autónoma dos Açores, estão em desenvolvimento 3 fábricas de produção de pellets pela empresa Natural Reason, situadas nas ilhas Terceira, São Miguel e Pico. Terão como objectivo, não só exportar para a União Europeia, mas também apostarão nas empresas locais, para a substituição dos combustíveis fósseis por esta fonte.

1.2.4. Caldeiras a Biomassa

A biomassa é usada de duas formas. O método mais simples consiste na queima num fogão. Este possui uma estrutura rudimentar, que consiste numa pequena caixa, normalmente de ferro, com portas abertas e alimentado manualmente e uma chaminé, que encaminha os gases de escape para fora do recinto. Tipicamente, este tipo de tecnologia, apenas serve para aquecer um quarto, sendo usado essencialmente para fins domésticos.

Uma caldeira a biomassa é uma opção mais sofisticada, que possibilita o aquecimento de um edifício. Ao contrário do sistema acima mencionado, a caldeira funciona como um sistema de aquecimento central alimentado com combustíveis fósseis ou renováveis.



Estas caldeiras são tecnologicamente bem desenvolvidas, possuindo muitos sistemas automáticos de alimentação, não existindo um trabalho “sujo”, além disso, não precisam de uma elevada quantidade de matéria-prima para funcionarem, nem cuidados especiais de limpeza ou manutenção. O único cuidado a ter é de as limpar periodicamente (de 2 a 8 semanas), de forma a eliminar as cinzas que se depositam devido à queima da biomassa (19).

Para serem autónomas, são vendidas com um reservatório de combustível, que alimenta a caldeira automaticamente. Outra vantagem, face ao fogão de queima, é que possui um sistema de ignição eléctrica, facilitando o seu arranque.

Mas as caldeiras a biomassa não são só usadas para aquecimento de prédios, ou habitações, também possuem um papel crescente na indústria, ora usadas para aquecimento de água, ora para produção de electricidade. Actualmente, as caldeiras são um meio muito utilizado na indústria, todavia estas são maioritariamente alimentadas a combustíveis fósseis, acarretando os problemas que advém dos mesmos, que são abordados na próxima secção.

1.2.5. Biomassa versus Combustíveis fósseis

Existem diversas diferenças entre os dois tipos de combustíveis, tendo cada um deles as suas vantagens e desvantagens.

A principal diferença é que os combustíveis fósseis não são renováveis, enquanto a biomassa é renovável.

Outra vantagem da biomassa é que as suas cinzas têm um impacto ambiental menor, que as cinzas de alguns combustíveis fósseis, como o carvão, podendo mesmo ser usadas em várias actividades, sendo exemplo disso o seu uso como fertilizante.

A emissão dos gases de queima da biomassa, como o NO_x, SO_x e COV, é mais baixa do que a dos restantes combustíveis. Porém, à semelhança do carvão, pode ter uma maior emissão de matéria particulada, podendo ser um problema se a sua queima for feita em áreas urbanas muito densamente povoadas.

Existem algumas opiniões controversas quanto ao facto de o corte de árvores para a produção de biomassa, contribuir para o aumento da emissão de dióxido de carbono para a atmosfera (20). De acordo com (10) e (16), a biomassa é mais vantajosa para o ambiente, se se realizar a florestação da área que foi usada para corte, sendo que o crescimento de novas árvores permite uma maior captura do CO₂ presente na



atmosfera. No corte e queima destas árvores ocorre libertação de CO₂ para o meio ambiente, mas se se plantar novamente na área de corte, estas espécies irão capturar o CO₂ liberto durante o seu crescimento. Tal não acontece com os combustíveis fósseis, pois estes renovam-se num período de tempo muito elevado, não permitindo a captura de CO₂ existente na atmosfera (22). Para a região dos Açores, o uso de biomassa tem a vantagem de possuir baixos custos no transporte, visto que se estão a desenvolver um conjunto de empresas no arquipélago em questão.

Por outro lado, alguns autores, (17), clamam que este pensamento acima é uma falácia, pois se emitirmos dióxido de carbono para a atmosfera, este está emitido e só volta a ser recuperado, se de facto houver uma nova plantação. Para além disso, a matéria orgânica na sua decomposição, também emite CO₂, em que parte, é incorporado no solo, contudo este é um processo gradual que pode demorar décadas, o que não acontece com a queima de biomassa, que emite, num curto espaço de tempo, todo o CO₂ armazenado.

Aqui iremos considerar que a biomassa em questão provém de florestas geridas de forma sustentável, de acordo com as normas internacionais. Mesmo admitindo a hipótese que o uso de biomassa como combustível pode contribuir para o aumento do CO₂ na atmosfera, este é incomparavelmente menor do que o resultante da queima de combustíveis fósseis.

A substituição de combustíveis fósseis por biomassa acarreta outros benefícios ambientais, como o controlo de espécies invasoras (e.g. o Incenso no território Açoriano) e a diminuição da quantidade de combustível fóssil que é necessário transportar com o conseqüente benefício ambiental. Esta substituição origina também benefícios económicos e sociais locais ao promover o emprego e toda a actividade empresarial associada à recolha e transformação de biomassa. Na região dos Açores o uso de biomassa terá num futuro breve também a vantagem de possuir baixos custos de transporte, visto que se estão a desenvolver um conjunto de empresas de produção de biomassa no arquipélago.



1.3. Fundamentos da Combustão de Biomassa

1.3.1. Caracterização da Biomassa como combustível

Segundo (7) os componentes da biomassa incluem a celulose, hemi-celulose, lenhina, lípidos, proteínas, açúcares simples, amido, água, hidrocarbonetos, cinzas e outros compostos. A concentração de cada classe depende da espécie, tipo de tecido, estado de crescimento e condições de crescimento. O tipo de biomassa, as suas características físicas e composição química têm influência em todo o processo de utilização da biomassa, incluindo o tipo de sistema de combustão, tipo de sistema de alimentação, emissões gasosas, emissões de partículas e formação de depósitos.

Nos últimos anos têm surgido muitos estudos de caracterização química e física da biomassa. Dado o elevado número e heterogeneidade das fontes de biomassa tem sido feito um esforço para a criação de bases de dados, em particular pela Task on Biomass Combustion and Co-Firing, pelo Instituto de Engenharia Química, Combustíveis e Tecnologia Ambiental da Universidade de Tecnologia de Viena e pela Fundação de Investigação em Energia da Holanda (ECN).

Dependendo do processo de preparação, os combustíveis provenientes da biomassa estão disponíveis tal como recolhidos (e.g., toros), triturados (e.g., estilha, serrim), ou densificados (e.g., briquetes, pellets). A granulometria pode ser homogénea (e.g., pellets) ou heterogénea (e.g., casca de árvore não tratada). O bagaço de azeitona ou de cana-de-açúcar apresenta-se como uma matéria pastosa. A densidade das partículas e a granulometria determinam o sistema de alimentação de combustível apropriado assim como a tecnologia de combustão. Com efeito, a densidade das partículas afecta a condutividade e decomposição térmica da biomassa e a granulometria, tem influência na quantidade de partículas emitidas visto que facilmente as pequenas partículas são arrastadas pelo escoamento dentro da câmara de combustão.

O teor de humidade é uma característica importante que tem influência na durabilidade de armazenamento, ignição, temperatura adiabática de combustão e volume de gases de exaustão produzidos. O teor da humidade nos resíduos agrícolas, na maior parte dos casos, é determinado pelo processo de separação dos resíduos.

A matéria volátil existente num dado combustível sólido resulta principalmente de combinações entre o carbono e o hidrogénio. O PCI (Poder Calorífico Inferior) da biomassa geralmente situa-se entre 18 e 22MJ/kg, sendo que os valores mais baixos e os



mais elevados correspondem a combustíveis herbáceos, a madeira e cascas de madeira, respectivamente. Devido ao conteúdo residual de óleo nos resíduos de azeitona, o seu poder calorífico é ainda mais elevado. O carbono fixo é a fracção residual do combustível sólido, descontados os teores de humidade, matéria volátil e cinzas, desempenhando igualmente um papel crucial no processo de combustão. Dada o elevado conteúdo de voláteis presentes na biomassa, o teor de carbono fixo é reduzido, em comparação com o carvão.

O carbono, hidrogénio e oxigénio são os principais componentes dos combustíveis provenientes da biomassa. O carbono e o hidrogénio são oxidados durante a combustão numa reacção exotérmica, formando dióxido de carbono e vapor de água. O oxigénio, presente em ligações orgânicas é libertado através de degradação térmica suprimindo parte da necessidade total de oxigénio para a reacção de combustão, sendo que o resto é fornecido por injeção de ar. A concentração de carbono nos combustíveis derivados de madeira é geralmente superior à dos combustíveis derivados de biomassa herbácea, o que explica o PCI ligeiramente superior dos primeiros.

As madeiras possuem tipicamente teores de cinzas baixos, próximos de 1% em massa. Refira-se que as cascas e podas, por sua vez, possuem teores de cinza superiores devido à contaminação com areias durante o seu manuseamento. Em geral, os resíduos agrícolas apresentam teores de cinzas dentro de limites aceitáveis. Certos resíduos agrícolas, em particular as cascas de grão de café, apresentam teores de cinza inferiores a 1% em massa; a casca de arroz, no entanto, pode conter teores de cinza próximos de 25% em massa. Os principais elementos presentes nas cinzas da biomassa são Si, Ca, Mg, Na e P, estando presentes na biomassa na forma de óxidos. Em geral, o conteúdo de K_2O é superior nos resíduos agrícolas, quando comparado com outras biomassas e com o carvão, atribuído ao uso de fertilizantes. A presença de teores elevados de cinzas origina normalmente emissões de partículas elevadas, formação de incrustações e depósitos nas superfícies onde ocorre transferência de calor.

1.3.2. Combustão da Biomassa

A combustão da biomassa envolve processos físicos e químicos de elevada complexidade (21). A combustão da biomassa pode ser modelada como a sequência das seguintes fases: ignição, secagem, pirólise e combustão do resíduo carbonoso. A importância relativa destas fases varia de acordo com as propriedades do combustível e

o tipo de queimador. Na combustão de biomassa em grandes instalações, com alimentação contínua, tal como grelha móvel, as fases podem ocorrer simultaneamente em várias secções da grelha. No entanto em aplicações de pequena escala, em grelha fixa, há uma separação distinta entre a pirólise e a combustão do resíduo carbonoso, no tempo e no espaço.

A Figura 2 mostra a variação da massa de uma partícula de biomassa ao longo dos processos que ocorrem durante a combustão. A combustão da partícula inicia-se com a ignição, num instante de tempo t_{ig} , para o qual a partícula se encontra com uma massa inicial m_0 e uma densidade inicial ρ_0 . Após a ignição ocorrem a secagem e a pirólise, dando-se a vaporização da humidade presente no combustível e libertação das espécies voláteis. Como resultado, a massa da partícula diminui drasticamente para uma dada massa m_c e uma dada densidade ρ_c , dado que o teor de matéria volátil, em particular, é muito elevado na biomassa.

As espécies voláteis oxidam na presença de oxigénio na periferia da partícula dando origem à chama visível. Finda a pirólise, num determinado instante t_c , a partir do qual a taxa de volatilização é nula, inicia-se a combustão do resíduo carbonoso em condições heterogéneas.

Para além das cinzas, os produtos de combustão também incluem espécies gasosas, em particular O_2 , CO_2 , CO , NO_x e COV , e partículas de fuligem e cinzas leves que devido ao tamanho reduzido são arrastadas pelo escoamento dos produtos de combustão.

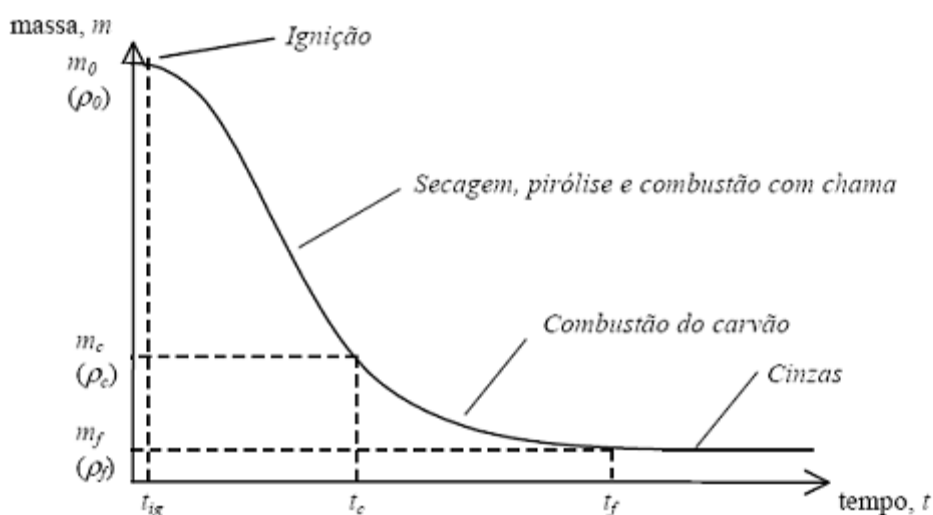


Figura 2 – Variação da massa na combustão em função do tempo



Contudo, a biomassa usada para queima deve ser submetida a um grande controlo, uma vez que pode trazer alguns problemas para a combustão.

De acordo com (8,) apesar da heterogeneidade associada aos diferentes tipos de biomassa, da sua composição típica, infere-se, numa primeira análise, que a utilização de biomassa com elevados teores em humidade (dependente dos respectivos processos de armazenamento e pré-tratamento) e/ou cinzas, num reactor de combustão, pode conduzir a problemas relacionados com a ignição do combustível e a eficiência da combustão; as características das cinzas de biomassa (ponto de fusão, percentagem de potássio) podem beneficiar a formação de depósitos e incrustações no interior da câmara de combustão, o menor poder calorífico da biomassa, resultante de maiores teores em humidade e oxigénio pode conduzir a problemas relacionados com a estabilização da chama; o cloro presente em alguns tipos de biomassa pode funcionar como precursor de problemas operacionais associados à corrosão.

1.4.Plano Económico

Dado que este trabalho considera a alteração do processo de uma fábrica, é necessário realizar uma análise financeira detalhada, a fim de determinar a sua viabilidade.

Serão efetuados estudos de forma a comparar as diferentes hipóteses de alteração do processo fabril, calculando os vários parâmetros necessários.

Esta análise pode dividir-se em várias etapas, sendo necessário analisar cada uma delas per si, a fim de se obter um resultado fidedigno.

- Capital investido;
- Receitas e despesas de exploração;
- Período de vida útil;
- Valor residual.

1.4.1. Capital Investido

Corresponde aos custos de aquisição e instalação de bens, como terrenos, edifícios, equipamentos fabris e administrativos, material de transporte e outros.



1.4.2. Receitas e despesas de exploração

As receitas e despesas de exploração são todas aquelas que derivarão directamente do projecto para a empresa.

Há que estimar, quer as vendas, quer os custos, tanto a nível das matérias-primas como mão-de-obra ou outros, a totalidade dos custos em que a empresa incorre para que se tornem possíveis as vendas estimadas.

1.4.3. Período de vida útil

É o tempo que o projecto de investimento é suposto estar em produção, logo gerar proveitos e custos para a empresa.

Este período pode ser determinado a partir das capacidades físicas do equipamento, o seu tempo de vida físico, ou por razões de obsolescência técnica ou comercial. Nestes últimos casos corresponderá à estimativa feita do período em que a empresa pensa vir a utilizar este equipamento.

1.4.4. Valor Residual

Corresponde a valores adicionais, como o desmantelamento de equipamentos, contas a terceiros, publicidade, aquisição de novos clientes, etc.

1.4.5. Métricas para avaliação financeira de projecto

O valor actual líquido (VAL) corresponde à soma de todos os *cash-flows*, enquadrando a taxa de actualização (18). Significando que, ao fim de determinado tempo, com uma taxa de actualização x , obtém-se um determinado valor líquido. Esta taxa de actualização corresponde a uma taxa exigida pelas entidades que investiram em determinado projecto, acrescentando o valor mensal.

A taxa interna de rentabilidade (TIR) é a taxa de actualização que torna nulo o VAL. Quanto maior for este valor, maior é a rentabilidade do projecto em causa, sendo que o valor apresentado corresponde à taxa de retorno do projecto. Em suma, a TIR é especialmente útil para a eliminação de projectos, permitindo não aceitar, com



segurança, projectos cujo custo de financiamento, representado pelo custo de capital estimado, é superior à rentabilidade assim calculada.

No cálculo da análise económica, é também apresentado o tempo de recuperação de capital. Este corresponde ao período necessário de funcionamento do projecto para que o somatório dos fluxos de receitas e despesas seja coberto, ou seja, igual às despesas de investimento. Assim, é óbvio que serão claramente inaceitáveis, em termos absolutos, os projectos cujo tempo de recuperação é igual ou superior ao período de vida útil do projecto definido pela empresa.