



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

**PROJETO DE UM QUEIMADOR DE BIOMASSA
AUTOMÁTICO**

Projeto

Valentim Campos Matias

Mestrado em Projeto e Produção Mecânica

Projeto Mecânico

Abrantes, Junho de 2016



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Valentim Campos Matias

**PROJETO DE UM QUEIMADOR DE BIOMASSA
AUTOMÁTICO**

Projeto

Orientado por:

Professor Bruno Chaparro – ESTA

Projeto apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Projeto e Produção Mecânica.

AGRADECIMENTOS

À minha querida esposa, pela compreensão e por caminhar comigo, lado a lado, em cada etapa deste desafio.

Aos meus filhos, por acreditarem e investirem em mim. Pelo apoio em todos os momentos e pelas palavras de incentivo, que nunca faltaram. Exemplos a serem seguidos.

Aos professores, pelos conhecimentos compartilhados. Em especial ao professor Bruno Chaparro, por me orientar neste trabalho.

Também aos colegas que me apoiaram neste desafio.

Matias, V. C., **Projeto de um Queimador para Biomassa Automático**, 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado em Projeto e Produção Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, Instituto Politécnico de Tomar 2016.

RESUMO

Devido à grande necessidade de energia no mundo, é necessário desenvolver novas tecnologias de geração energia/calor de forma económica, sustentável e ecologicamente assertivas. Um dos combustíveis para aquecimento de ambientes, que mais cresce nos países desenvolvidos é os pellets (granulados de madeira prensada), que são obtidos a partir dos resíduos das serrações, limpezas, a serradura. Para que haja crescimento na utilização dos pellets, é necessário desenvolver tecnologias para a utilização dos mesmos. Existem vários tipos de queimadores a pellets no mercado, sendo a maioria deles importados, porém esta tecnologia pode ser desenvolvida no mercado nacional, diminuindo assim o seu custo, para incentivar a utilização dos pellets. Assim, foi desenvolvido, fabricado e testado um queimador programável e multifuncional de pellets.

Palavras-chave:

Combustão. Biomassa. Queimador de Pellets de Madeira Automático.

ABSTRACT

Because of the great need for energy in the world, it is necessary to develop new technologies to economically heat generation, sustainable and environmentally friendly. A fuel for space heating, the fastest growing in developed countries is the pellets (pressed wood pellets), which are manufactured from waste from sawmills, sawdust. So that there is growth in the use of the pellets, it is necessary to develop technologies for the use thereof. There are several types of burners pellets on the market, most of them are imported, but this technology can be developed in the domestic market, reducing the cost of development and manufacturing, to encourage the use and manufacture of pellets. Thus it was developed, manufactured and tested a programmable and multifunctional burner pellets.

Keywords:

Combustion. Biomass. Wood Pellets Burner Automatic.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Revisão bibliográfica	2
1.2.1. Princípios de combustão	2
1.2.2. Pellets de madeira	4
1.2.3. Queimadores a Pellets.	7
1.2.3.1. Queimador de alimentação inferior	8
1.2.3.2. Queimador de alimentação horizontal	9
1.2.3.3. Queimador de alimentação superior	10
2. MORFOLOGIA DO PROCESSO DE PROJETO	12
2.1. Introdução	12
2.2. Síntese e descrição das Conceções	13
3. PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	16
3.1. Silo de <i>pellets</i>	17
3.2. Câmara de combustão	18
3.3. Painel elétrico de controlo.	19
3.3.1. Apresentação da face anterior do módulo lógico	21
3.3.2. Programa	22
3.3.2.1. Controladores	24
3.4. Sem-fim interno	27
3.5. Ventilador	28
3.6. Termostato de segurança - Rearme	29
3.7. Sensor de chama	29
3.8. Ignição	30
3.9. Sensor de nível de combustível	31

3.10.	Modo de funcionamento do queimador	32
3.10.1.	Carregamento de Combustível.....	34
3.10.2.	Queimando.....	35
3.10.3.	Fim de Queima.....	35
3.11.	Manutenção	35
3.11.1.	Substituição da Ignição.....	36
3.12.	Problemas e Soluções.....	37
3.13.	Teste do protótipo.....	38
CONCLUSÃO.....		39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		40
ANEXOS.....		41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo do fogo – Fonte [1].....	2
Figura 2 - Serradura utilizada para fabricação dos pellets.....	4
Figura 3 – À esq. Extrusão de pellets, à dir. pellets extrusados – Fonte [3].....	5
Figura 4 – Apresentação típica dos pellets para comercialização.	6
Figura 5 - Simbologia presente nas embalagens dos pellets (reciclagem e certificação).....	7
Figura 6 - Tipos de queimadores, quanto à alimentação de pellets.....	7
Figura 7 - Queimador a pellets com alimentação inferior – Fonte [9]; [10].	8
Figura 8 - Queimador a pellets de alimentação horizontal.....	9
Figura 9 - Queimador a pellets com alimentação horizontal.....	9
Figura 10 - Salamandra a pellets – Fonte [5].....	11
Figura 11 - Caldeira a pellets – Fonte [6].....	11
Figura 12 - Queimador a pellets adaptável – Fonte [4].	11
Figura 13 - Queimador a pellets instalado num permutador de calor ar/ar – Fonte [4].	12
Figura 14 - Conceção 1.....	14
Figura 15 - Conceção 2.....	15
Figura 16 - Conceção 3.....	16
Figura 17- Queimador a gasóleo.	16
Figura 18 - Composição do queimador.	17
Figura 19 - Instalação do sem-fim externo.....	18
Figura 20 - Queimador tubular horizontal.....	19
Figura 21 - Esquema elétrico do quadro de comandos.....	20
Figura 22 – PLC Zelio SR3B101BD.....	21
Figura 23 - Descrição da face anterior do módulo lógico.	21
Figura 24 - Descrição do visor LCD.	22
Figura 25 - Fluxograma do programa.....	23
Figura 26 – Temporizador do alimentador externo.....	24
Figura 27 - Temporizador do alimentador interno durante a queima.....	25
Figura 28 - Temporiza o arranque do alimentador interno.....	25
Figura 29 - Temporizador do Ventilador.....	26
Figura 30 - Temporizador - limita alimentador externo.....	26
Figura 31 - Função relógio.	27

Figura 32 - Sem-fim Interno.....	28
Figura 33 - Ventilador axial.....	28
Figura 34 - Injeção de ar para a câmara de combustão.	29
Figura 35 - Termostato de segurança.	29
Figura 36 - Sensor de chama.	30
Figura 37 - Sistema de ignição semiautomático.....	31
Figura 38 – Descrição do sensor de nível de combustível.	32
Figura 39 – Menu da função relógio.	33
Figura 40 - Substituição da ignição.	37
Figura 41 – Pesagem de pellets para teste.	38
Figura 42 - Teste do queimador.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição elementar e poder calorífico de alguns combustíveis – Fonte [2].....	3
--	---

1. INTRODUÇÃO

A procura de energias mais limpas a fim de substituir os combustíveis fósseis muitas vezes deixa de lado opções simples e que fazem parte do cotidiano da população há milhares de anos. Têm sido desenvolvidas energias alternativas e sistemas para obter calor da forma mais simples que se possa imaginar: com restos de madeira ou qualquer outro subproduto de origem vegetal. No entanto, aplicou-se tecnologia e conseguiram-se resultados surpreendentes de rendimento, eficiência, baixo custo, e o que é mais importante, com níveis irrisórios de poluição. A biomassa, principalmente sob a forma de lenha, é utilizada desde os primórdios da humanidade e ainda hoje é o combustível mais usado para obter energia térmica, no entanto, de forma rudimentar. Não é novidade em Portugal e nos restantes países europeus o uso de briquetes ou ainda de pellets, que são resíduos de madeira ou agrícolas prensados e transformados em grãos. Os pellets tornaram-se um dos combustíveis mais comuns para aquecimento residencial principalmente no Hemisfério Norte, dispensando os derivados de petróleo, gás natural ou carvão mineral. A novidade é justamente aplicar tecnologia no uso desses pellets para que possam produzir energia a níveis industriais. Com um sistema otimizado é possível conseguir a queima desses granulados com potências adaptadas às necessidades industriais. Isso é de 10 a 100 vezes maiores do que as necessárias na utilização doméstica”, que podem atingir potências desde 350 até 3000 kWh. Outro fator interessante do sistema é que ele pode ter como combustível não somente os resíduos de produtos florestais, mas também de praticamente qualquer vegetal, como bagaço de azeitona, casca de pinhão, casca de amêndoa, etc. Todos resíduos fáceis e baratos de serem encontrados e processados para serem transformados em pellets.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de um queimador de biomassa “*pellets*” com um sistema automático de alimentação e funcionamento, com baixo custo, de forma segura e eficiente, de fácil instalação e fácil adaptação. O desenvolvimento deverá seguir as fases habituais de desenvolvimento de projetos, em cada etapa.

O conjunto completo do queimador deverá ser equipado com um reservatório que tenha capacidade suficiente para que o equipamento tenha em média uma autonomia de 6 horas. Este

queimador foi projetado para permitir a substituição fácil e rápida de queimadores antigos de caldeiras a água que utilizavam gás GLP ou óleos, derivados do petróleo.

1.2. Revisão bibliográfica

Nesta seção serão abordados os assuntos: Princípios de Combustão, *pellets* de Madeira e Queimadores de *pellets*. Estes temas serão analisados com base na história, bibliografia e informações de fabricantes de queimadores de *pellets*.

1.2.1. Princípios de combustão

O fogo é um processo químico de transformação. Podemos também defini-lo como o resultado de uma reação química que produz luz e calor devido à combustão.

Os elementos que estão presentes no fogo são: Combustível, comburente (oxigênio) e calor (figura 1).



Figura 1 - Triângulo do fogo – Fonte [1].

A combustão pode ser completa (em compostos orgânicos, todos os átomos de carbono são oxidados formando dióxido de carbono e água) ou incompleta (não há oxigênio suficiente e há produção de monóxido de carbono e água).

A combustão incompleta ocorre basicamente em sistemas de combustão não controlados, como em queimadas, fogo de chão, incêndio, ou por falta de oxigênio e calor. Devido à liberação de monóxido de carbono, podemos dizer que é um processo parcialmente renovável.

A combustão completa ocorre em sistemas de combustão controlados, com altas temperaturas e boa mistura entre o combustível e o comburente. Devido à liberação de dióxido de carbono, podemos dizer que é um processo de utilização de energia renovável.

De maneira geral, define-se combustão como uma reação química entre duas substâncias, combustível e comburente, ocorrendo a alta velocidade e alta temperatura, onde se dá uma liberação de calor com a emissão simultânea de luz, na maioria das vezes, dependendo, entre outros fatores, do tipo de combustível.

Outro aspeto importante a ser destacado é o poder calorífico do combustível. A cada uma das reações elementares de combustão completa está associada a uma quantidade de calor liberada característica, denominado calor da reação.

Mais explicitamente, entende-se por poder calorífico de um combustível o calor liberado durante a combustão completa de um quilograma do mesmo, no caso de combustíveis sólidos ou líquidos.

Conforme tabela 1, podemos verificar a diferença entre alguns tipos de combustíveis sólidos e líquidos, quanto à sua composição elementar e o poder calorífico superior e inferior.

Tabela 1 - Composição elementar e poder calorífico de alguns combustíveis – Fonte [2].

	Combustível	Óleo Diesel	Querosene	Carvão min.	Lenha seca	<i>Pellet (Pinus)</i>
COMPONENTES	C (%)	86,0	85,6	41,5	50,2	47,72
	H (%)	13,1	14,3	3,1	6,3	5,64
	O (%)	---	---	8,4	43,1	ñ inform.
	S (%)	0,9	0,1	1,2	---	ñ inform.
	N (%)	---	---	0,8	0,06	ñ inform.
	H ₂ O (%)	---	---	Base seca	Base seca	Base seca
	CINZAS (%)	---	---	45,0	0,38	0,37
PCS	kJ/kg	45460	46510	16700	15910	20477
	kcal/kg	10,86	11,11	3,99	3,80	4,89
PCI	kJ/kg	42570	43370	16020	14530	19250
	kcal/kg	10,17	10,36	3,83	3,47	4,6

1.2.2. Pellets de madeira

Os *Pellets* são uma fonte de energia renovável pertencente à classe das *Biomassas*, sendo um combustível sólido de formato cilíndrico constituído por resíduos de madeira prensada proveniente de desperdícios de madeira ou de limpezas de matas (figura 2). As pinhas, por exemplo, têm um elevado poder calorífico, sendo então considerada uma excelente fonte de energia.



Figura 2 - Serradura utilizada para fabricação dos pellets.

Geralmente no seu processo de produção não é utilizado nenhum tipo de aglutinante químico, apenas processamento mecânico. A compactação acima dos 1000 bar permite que os pellets, após a extrusão, se mantenham estáveis, durante o transporte e enchimento, até à sua queima. Em alguns países, são usados 1 a 3% de aditivos biológicos, como batata, farinha de milho ou licor negro da indústria de pasta de papel. Também são usadas colas naturais, como o amido do milho, adicionadas para facilitar o processo de prensagem, para melhorar o equilíbrio energético e a resistência abrasiva do produto. O limite máximo para as colas é de 2%, que se encontram estabelecidos de modo a minimizar o teor de cinzas, dado que a matriz de cinzas está otimizada para o sistema de combustão.

É essencial que os *pellets* não sejam produzidos a partir de matérias-primas que produzam elevadas quantidades de cinzas que podem acarretar problemas de operação com a caldeira. É também importante que estejam bem compactados e não se desintegram facilmente em partículas, pois isso conduz a diferentes propriedades de combustão.

Os *pellets* são obtidos por extrusão (figura 3) de serradura com processamento de madeira natural. A compactação do material é garantida pela lignina que está contida na própria madeira e permite a produção do pellets sem o uso de colas ou ligantes. O resultado é uma matéria 100% natural com elevado poder calorífico. Devido à tecnologia na sua transformação, a humidade dos pellets é extremamente reduzida, o que permite que a combustão seja muito mais eficiente e liberte muito menos fumo que a lenha normal, com reduzida formação de cinzas, tornando-se numa solução ecologicamente correta para aquecimento de ambientes residenciais e comerciais ou também para uso em caldeiras industriais.



Figura 3 – À esq. Extrusão de pellets, à dir. pellets extrusados – Fonte [3].

Os *pellets* de madeira representam uma das formas de aquecimento menos poluentes e mais económicas disponíveis atualmente no mercado. A energia calorífica contida nos pellets de madeira para aquecimento é de aproximadamente 4.800 Kcal/kg.

A alta densidade dos pellets de madeira para aquecimento também permite um armazenamento compacto e um transporte mais económico a longas distâncias. O abastecimento para pequenos consumidores é feito em sacos de 15kgs. Também podendo ser utilizado sacos maiores (Big Bag) de 500kgs até 1.000kgs, para sistema de aquecimento de grande escala. Os *pellets* de madeira são facilmente armazenáveis, não se degradam com o tempo, desde que depositados em local seco.

Em relação à lenha, podemos destacar algumas vantagens:

- ✓ Possibilidade de automação, com controlo de temperatura em determinados horários pré-definidos;

- ✓ Baixa emissão de partículas como a fuligem, eliminando diversos problemas ambientais;
- ✓ Redução substancial no volume de cinzas, pois os pellets têm queima quase total;
- ✓ Redução da mão-de-obra, em função da automação;
- ✓ Depósito mais limpo, pois os pellets podem ser fornecidos em sacos (Figura 4);
- ✓ Volume de armazenamento reduzido;
- ✓ Comparações de volume e massa:
 - 1 m³ de lenha = 350 a 400 kg
 - 1 m³ de *pellets* = 570 kg



Figura 4 – Apresentação típica dos pellets para comercialização.

Tal como noutros rótulos encontrados no mercado existem aspetos importantes que não podem faltar na embalagem, nomeadamente o nome do produto e do respetivo fabricante, as principais características técnicas do produto e a quantidade do conteúdo do saco (figura 4).

Na frente da embalagem deve, acima de tudo, constar a designação do produto, com referência a sua composição, dando especial ênfase ao granulado de cortiça e as suas vantagens, podendo ser acompanhada de uma frase apelativa ao consumo. Também nesta zona da embalagem, e/ou na parte lateral, devem ser inseridos os dados da empresa fabricante do produto, nomeadamente o

nome, localização e contactos, assim como a simbologia relativa a reciclagem e a certificação, exposta na Figura 5.



Figura 5 - Simbologia presente nas embalagens dos pellets (reciclagem e certificação).

Na parte posterior do saco devem constar as principais características técnicas dos pellets, as mesmas que constam na ficha de produto, nas unidades S.I. e nas principais línguas europeias. Aqui também se pode aferir o diâmetro dos pellets, expresso em milímetros, e o peso do conteúdo da embalagem.

Também podemos destacar algumas vantagens dos *pellets* sobre o diesel e gás:

- ✓ Menor custo operacional;
- ✓ Os *pellets* não são combustíveis fósseis;
- ✓ Redução do risco de incêndio, sendo mais seguro por não haverem fugas ou risco de explosão;

1.2.3. Queimadores a Pellets.

Podemos descrever a tecnologia atual de queimadores a *pellets* dividida em três diferentes categorias (figura 6), conforme o seu sistema de alimentação: inferior, horizontal e superior.



Figura 6 - Tipos de queimadores, quanto à alimentação de pellets.

1.2.3.1. *Queimador de alimentação inferior.*

Um queimador com alimentação inferior geralmente faz parte de um conjunto completo para aquecimento de água. Possui o reservatório de pellets, o mecanismo de alimentação, a câmara de combustão e o permutador de calor com a água numa estrutura compacta (figura 7a).

Para este tipo de queimador, os pellets saem do reservatório por meio de um doseador e caem dentro do tubo de condução, onde está o sem fim transportador helicoidal. O sem-fim transportador helicoidal empurra os *pellets* por esse tubo. Na extremidade desse tubo existe uma curva para cima, fazendo com que os *pellets* subam para a câmara de combustão. O ar necessário para a queima dos *pellets* é fornecido por um disco em todo o perímetro da câmara (figura 7b). Possuem, na maioria dos casos, acendimento automático por meio de resistência elétrica.

Algumas vantagens dos queimadores de alimentação inferior:

- ✓ São sistemas compactos;
- ✓ Todo o sistema é projetado e fabricado pela mesma empresa, tendo uma maior garantia de funcionamento e facilita um eventual reparo pela assistência técnica;
- ✓ É um sistema mais apresentável, por não conter peças móveis aparentes.

Algumas desvantagens dos queimadores de alimentação inferior:

- ✓ O preço de aquisição é mais alto, por se tratar de uma solução completa;
- ✓ Dificil adaptabilidade em sistemas pré-existentes;
- ✓ Limita-se ao aquecimento de água.

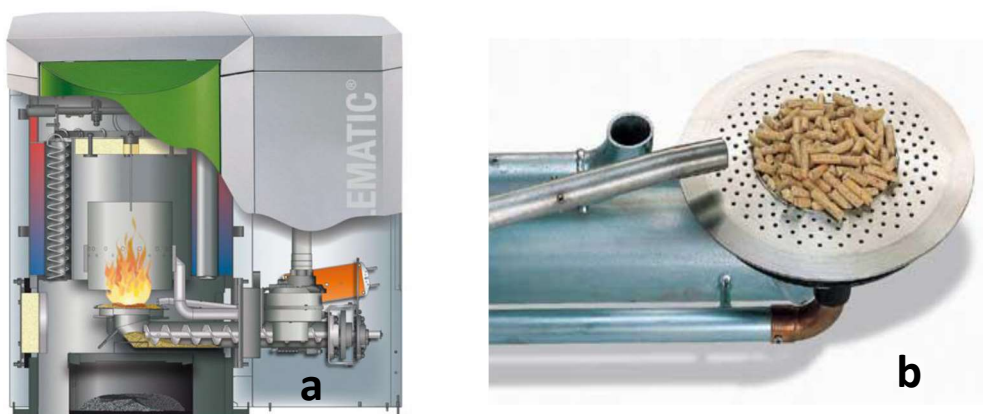


Figura 7 - Queimador a pellets com alimentação inferior – Fonte [9]; [10].

1.2.3.2. Queimador de alimentação horizontal.

Os queimadores a *pellets* com alimentação horizontal (figura 8) possuem um reservatório de *pellets* separado da câmara de combustão pelo tubo de transporte do combustível, onde se encontra o sem-fim transportador. O sem-fim transportador alimenta o leito de combustão pela lateral, conforme mostra figura 9. O ar para a combustão é insuflado por baixo do leito de combustão. Este modelo de queimador a *pellets* também permite a queima de outros combustíveis granulados como: milho, casca de nozes, casca de amêndoas, etc.

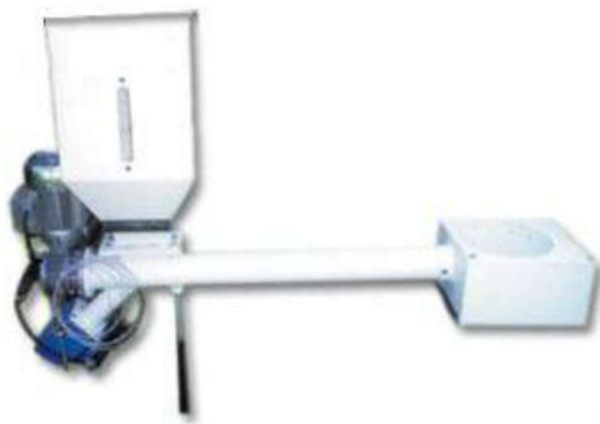


Figura 8 - Queimador a pellets de alimentação horizontal.



Figura 9 - Queimador a pellets com alimentação horizontal.

Algumas vantagens dos queimadores de alimentação horizontal:

- ✓ São de fácil adaptabilidade para substituir combustíveis como a lenha, gás ou eletricidade em fornos ou caldeiras pré-existentes;
- ✓ A mecânica é simples.

Algumas desvantagens dos queimadores de alimentação horizontal:

- ✓ Tem a maioria dos componentes expostos;
- ✓ Sobram cinzas na fornalha, ao final da queima;
- ✓ Perigo de queimar os *pellets* dentro do tubo de transporte.

1.2.3.3. *Queimador de alimentação superior.*

A solução vertical, de alimentação superior, alimenta a câmara de combustão através de um tubo que está sobre o queimador. O alimentador helicoidal direciona os *pellets* para o tubo de alimentação, fazendo com que o combustível caia sobre o fogo.

O queimador de *pellets* com alimentação superior divide-se em dois tipos:

- ✓ Com fornalha tipo bandeja;
- ✓ Com fornalha horizontal tubular.

O queimador com fornalha tipo bandeja é utilizado em salamandras a *pellets* (figura 10) ou em sistemas integrados de aquecimento de água (figura 11). Já o queimador com fornalha horizontal tubular (figura 12) é acoplado em sistemas de aquecimento de água ou ar (figura 13), substituindo queimadores convencionais a óleo, a gás ou a lenha. Funcionam com um sem fim transportador que leva os *pellets* do reservatório a um tubo de direcionamento e lança-os em cima da chama em combustão.



Figura 10 - Salamandra a pellets – Fonte [5].



Figura 11 - Caldeira a pellets – Fonte [6].



Figura 12 - Queimador a pellets adaptável – Fonte [4].



Figura 13 - Queimador a pellets instalado num permutador de calor ar/ar – Fonte [4].

Algumas vantagens dos queimadores de alimentação superior:

- ✓ Por manter os *pellets* da rosca transportadora afastados da câmara de combustão, é menor o risco de incendiar o reservatório;
- ✓ Por lançar os *pellets* sobre a chama, facilita a combustão;
- ✓ Baixo custo de instalação, operação e manutenção.

As vantagens abaixo são válidas apenas para queimador com fornalha horizontal tubular:

- ✓ São de fácil adaptabilidade para substituir queimadores de combustíveis como a lenha, gás ou óleos em caldeiras ou permutadores de calor.
- ✓ São versáteis pela forma construtiva.
- ✓ A mecânica é simples.

Algumas desvantagens dos queimadores de alimentação superior:

- ✓ O controlo de quantidade de *pellets* na câmara de combustão é complicado;
- ✓ Necessitam um espaço no permutador de calor para acumular as cinzas.

2. MORFOLOGIA DO PROCESSO DE PROJETO

2.1. Introdução

O queimador foi projetado como um empreendimento temporário ou uma sequência de atividades com começo, meio e fim programados, que tem por objetivo desenvolver e fornecer

um produto singular, dentro das restrições orçamentais. Um projeto é normalmente uma atividade periódica com um conjunto bem definido de desejados resultados finais. Pode ser dividido em subtarefas que necessitam de ser realizadas a fim de atingir as metas do projeto. O projeto é suficientemente complexo, já que as subtarefas requerem uma coordenação cuidadosa em termos de cronometragem, precedência, custo e desempenho.

O processo de projeto de um produto pode ser dividido nas seguintes fases:

- ✓ Análise das necessidades;
 - ✓ Projeto conceitual;
 - ✓ Projeto preliminar;
 - ✓ Projeto detalhado;
 - ✓ Construção do protótipo;
 - ✓ Testes e modificações do protótipo;
 - ✓ Documentação do projeto;
 - ✓ **Certificações, caso necessárias.**
- ✓ Documentação do projeto.
 ✓ CERTIFICAÇÕES, CASO NECESSÁRIAS

2.2. Síntese e descrição das Concepções

A síntese das concepções é resultado do agrupamento de soluções compatíveis, desta forma foram elaboradas três concepções diferentes de queimadores de *Pellets*, como descrito e apresentado a seguir.

- ✓ Descrição da concepção 1:

A concepção 1 do queimador de *pellets* é para aplicações de permutadores de calor existentes, ou seja, o queimador não possui na sua estrutura um permutador de calor, apenas gera o calor. Possui um conceito conforme mostrado na figura 14.

Os *pellets* são conduzidos à combustão por meio de um sem-fim transportador (A), o ar é fornecido ao fogo por meio de um ventilador radial (B). A ignição acontece por meio de uma resistência elétrica (C). A fornalha (D) é do tipo horizontal tubular, facilitando a adaptabilidade a caldeiras ou sistemas de permutador de calor pré-existentes. O controlo da combustão é feito por meio de um *PLC*, variando o volume de combustível para a combustão (E). As partes móveis são protegidas por meio de guardas fixas ou moveis (F).

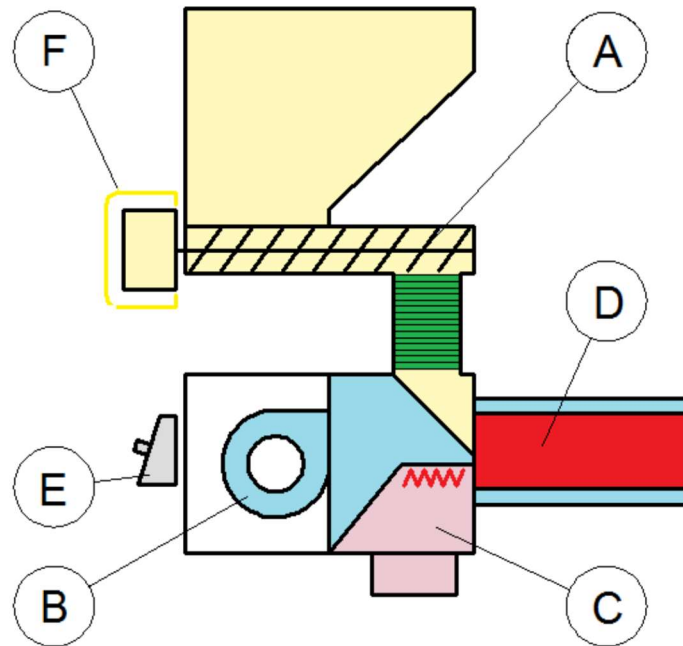


Figura 14 - Conceção 1.

✓ Descrição da conceção 2:

A conceção 2 do queimador de *pellets* é para aplicações de aquecimento de ar ou água, possuindo na sua própria estrutura permutadores de calor. Possui um conceito mostrado na figura 15.

Os *pellets* são conduzidos ao fogo por meio de um sem fim transportador (A), o ar é fornecido ao fogo por meio de um ventilador radial (B), este ar é pré-aquecido em torno do tubo de combustão antes de entrar na fornalha. A ignição acontece por meio de uma resistência elétrica posicionada no leito da fornalha de combustão (C). A fornalha (D) é do tipo bandeja, possibilitando a visualização do fogo, muito importante para lareiras a *pellets*. O controlo da combustão é feito por meio de termopares indicando a temperatura de saída da água ou ar (E). O Circuito Integrado processa as informações e envia sinais ao sem fim transportador e ao ventilador, regulando o volume de *pellets* e de ar para a combustão. Os conjuntos de armazenagem, de queima e as partes móveis são protegidos por meio de uma caixa externa, cobrindo todo o sistema (F).

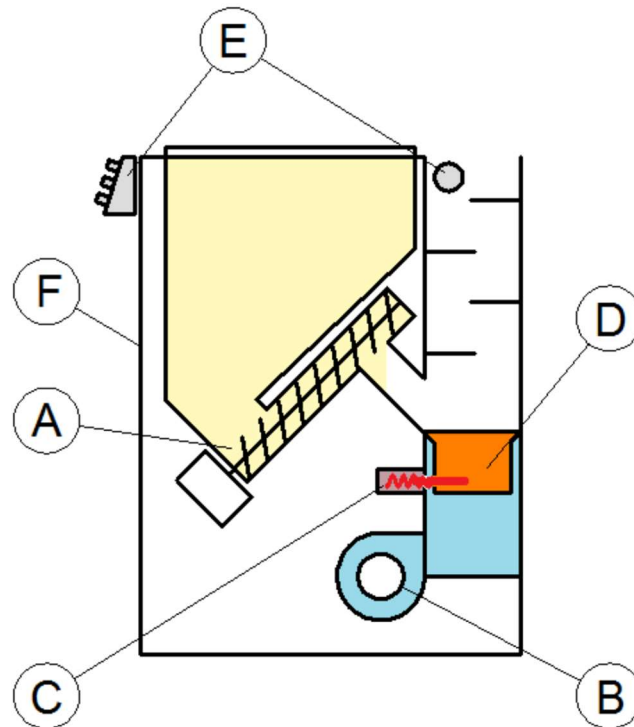


Figura 15 - Conceção 2.

✓ Descrição da conceção 3:

A conceção 3 do queimador de *pellets* é para aplicações de aquecimento de ar ou de uma chapa metálica para aplicações culinárias, possuindo na sua própria estrutura permutadores de calor. Possui um conceito conforme mostrado na figura 16.

Os *pellets* são conduzidos à zona de combustão por meio de um tubo inclinado, pela força gravitacional (A). O ar é introduzido por meio da convecção natural gerada pela chaminé, ou seja, quando a chaminé está aquecida ela gera um fluxo de ar em ascensão, pois o ar quente sobe, diminuindo a pressão interna da fornalha fazendo com que o ar externo entre na fornalha naturalmente (B). A ignição acontece de forma totalmente manual, necessitando alguns pedaços de papel ou uma acendalha para iniciar o fogo. O controlo da combustão é feito manualmente por meio de um registro (C) no tubo de descida dos *pellets*. A fornalha (D) tem uma grelha para as cinzas.

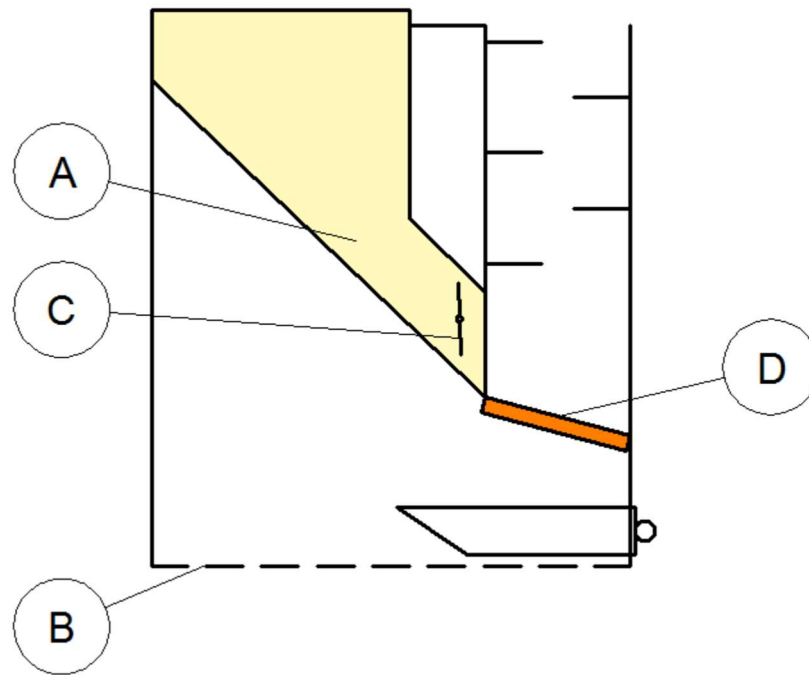


Figura 16 - Concepção 3.

3. PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Este capítulo abordará o projeto detalhado do protótipo que assenta sobre a concepção 1 anteriormente descrita.

O queimador de pellets é fabricado para ser utilizado com pellets de 6 ou 8 mm. A constituição do queimador permite que seja instalado em diferentes caldeiras: caldeiras de combustível líquido, sólido e universais. É fixado na caldeira através de uma flange de 90 mm (similar à dos queimadores de gasóleo conforme figura 17).



Figura 17- Queimador a gasóleo.

O queimador é constituído pelas peças representadas na figura 18, cujos desenhos das peças fabricadas se apresentam em anexo.

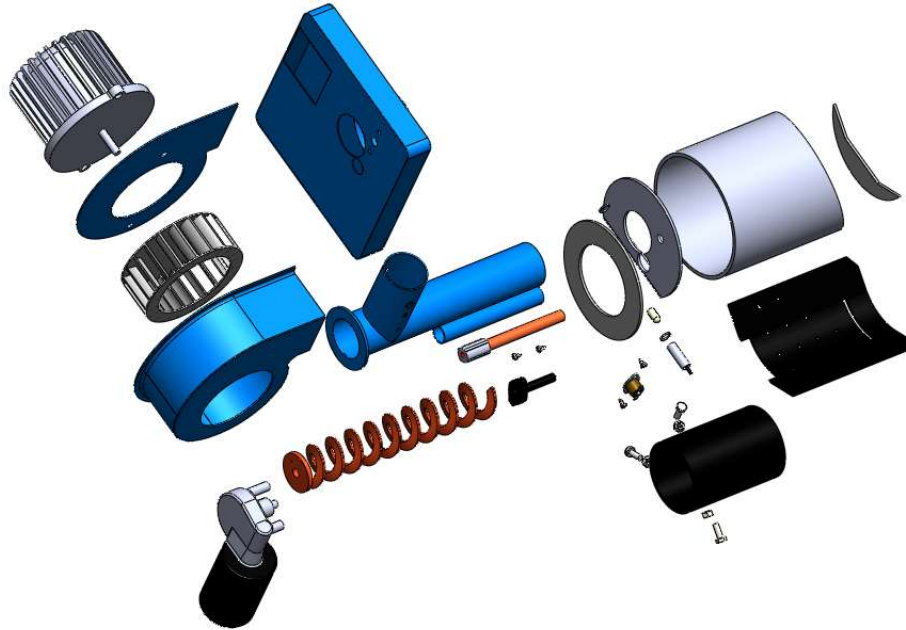


Figura 18 - Composição do queimador.

3.1. Silo de pellets.

O queimador, o sem-fim e o silo de pellets são um sistema compacto. O tamanho e a localização do silo de pellets dependerão das necessidades e capacidades da sala da caldeira. A escolha do silo de pellets deve ter em conta:

- Se o silo de pellets está na mesma sala que a caldeira, o seu tamanho não deve ser superior a 500 litros (cerca de 350 kg).
- O silo deve ser feito de materiais à prova de fogo.
- O silo deve ser posicionado de maneira que o ângulo de elevação do sem-fim externo de alimentação não exceda 45 °.
- É aconselhável a utilização de um silo que possa ser fechado com uma tampa.

Um sem-fim de alimentação externo transporta os pellets a partir do silo para o queimador. O sem-fim externo é conectado ao queimador com uma mangueira especial, feita de material de fusão que funciona como uma medida de segurança contra incêndio. O lado superior do sem-fim (com motor) deve ser fixado com corrente ao silo ou num outro objeto próximo.

A Figura 19 mostra a posição do sem-fim externo. Na medida em que a mangueira é um dispositivo de segurança, deve ser colocada estritamente como descrito abaixo. A distância vertical entre a saída e entrada do queimador deve estar na faixa de 40 a 70 cm de deslocamento horizontal e 20 a 40cm (ângulo típico 30° a 45°). O sem-fim externo não pode ser instalado em posição com um ângulo superior a 45 °. O tubo deve ficar num ângulo de 50 ° ou mais para assegurar a queda livre do combustível.

O reabastecimento de combustível deve ser efetuado antes de o silo ficar vazio. O combustível pode ser adicionado em qualquer altura durante a operação. Para adicionar combustível, basta simplesmente despejar um novo saco de pellets no silo de combustível.

Se o reabastecimento for executado com o silo já vazio, antes do novo combustível ser adicionado, o sem-fim externo deve ser carregado novamente.

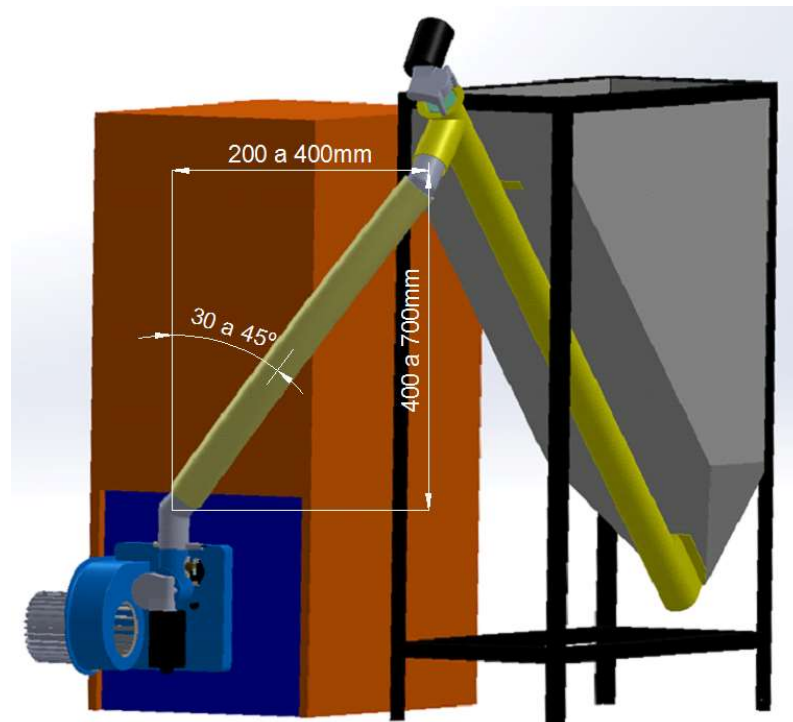


Figura 19 - Instalação do sem-fim externo.

3.2. Câmara de combustão

A câmara de combustão será fabricada a partir de um tubo com $\text{Ø}140\text{mm}$ e espessura de parede 3mm.

Considerando as vantagens de uma boa combustão, deve procurar-se a melhor mistura possível entre combustível e comburente.

Desta forma a câmara de combustão será dotada de entradas de ar, desde a base do fogo até a saída do queimador, para que haja uma boa mistura e tempo de queima suficiente. Este ar será proveniente da parede dupla que se fará por fora da câmara de combustão. Desta forma foi

fabricado o queimador, como pode ser visto na figura 20. A parte externa do queimador foi protegida com tinta para altas temperaturas.

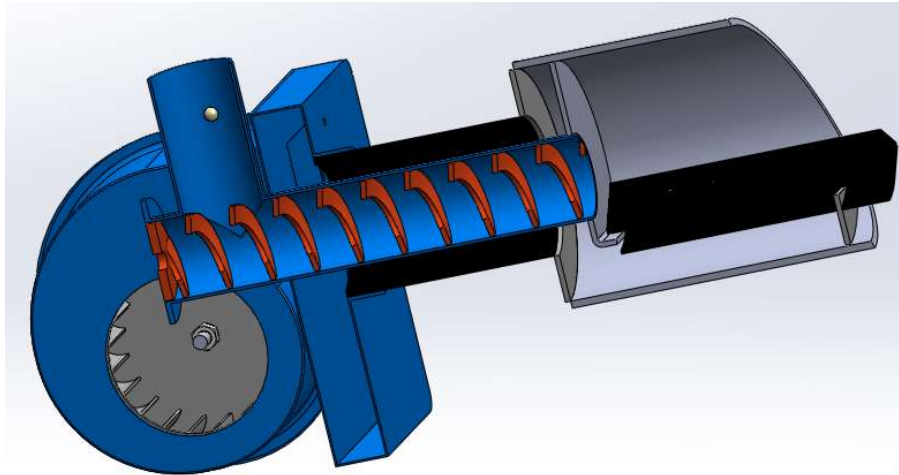


Figura 20 - Queimador tubular horizontal.

3.3. Painel elétrico de controlo.

O painel de controlo elétrico foi elaborado levando em consideração as fases de funcionamento do queimador. As fases são as seguintes:

1. Carregamento dos *pellets*;
2. Ignição;
3. Queima contínua.

Desta forma, com a utilização dos controladores a seguir descritos, elaborou-se o esquema elétrico conforme figura 21.

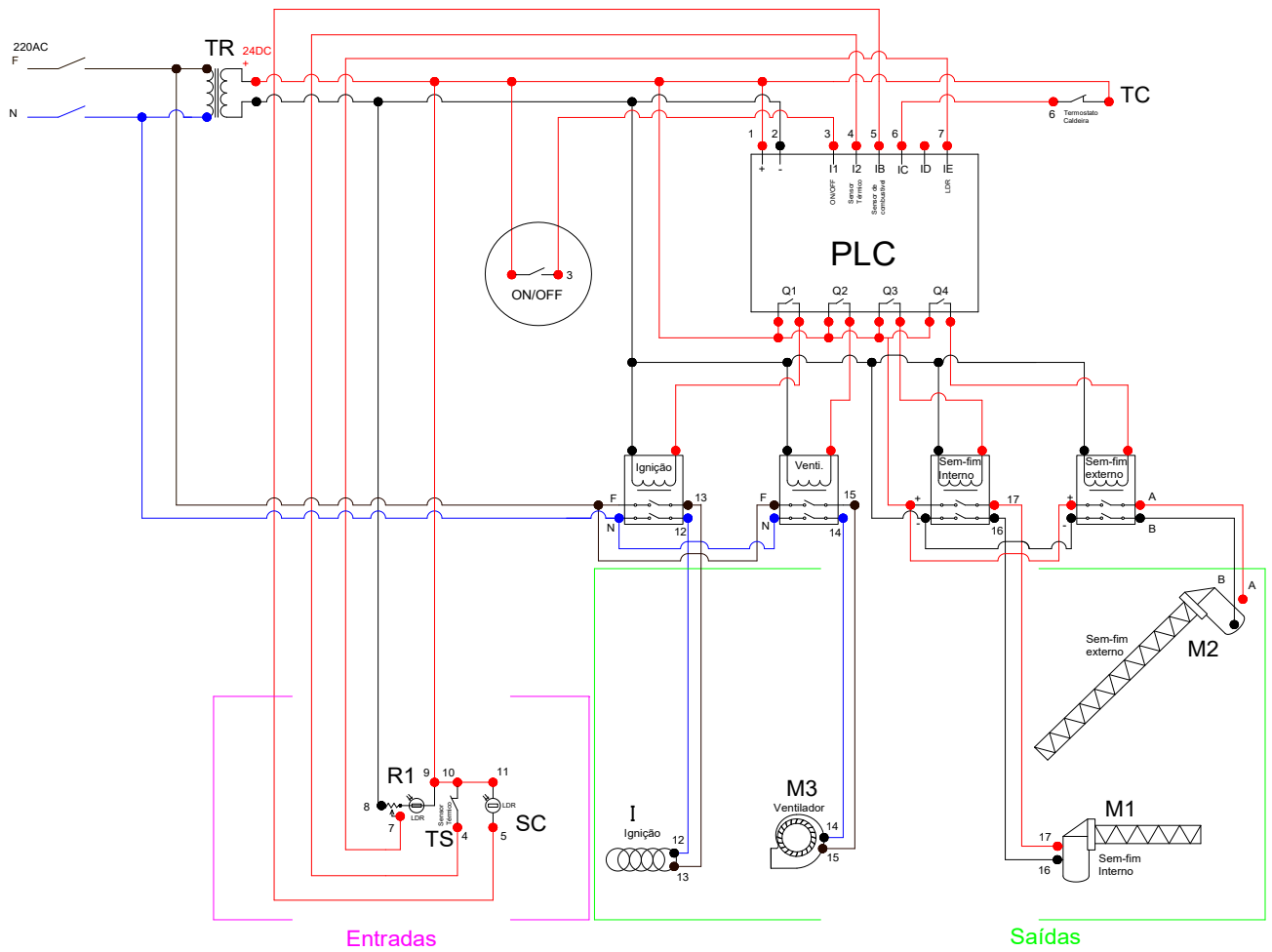


Figura 21 - Esquema elétrico do quadro de comando.

R1 – Sensor de chama;

PLC – Controlador Lógico Programável;

I – Ignição;

M1 – Sem-fim interno;

M2 – Sem-fim externo;

M3 – Ventilador;

TR – Transformador;

TC – Termostato da caldeira;

TS – Termostato de segurança;

SC – Sensor de nível de combustível.

O queimador é controlado através do Controlador Lógico Programável **Zelio SR3B101BD** (figura 22).



Figura 22 – PLC Zelio SR3B101BD.

3.3.1. Apresentação da face anterior do módulo lógico

Concebido para facilitar a cablagem elétrica de soluções inteligentes, o módulo lógico é muito simples de implementar. O seu desempenho e flexibilidade permitem poupar bastante tempo e dinheiro (figura 23 e 24).

- 1 – Ganchos de fixação retráteis;
- 2 – Bornes de alimentação;
- 3 – Visor LCD, 4 linhas, 18 caracteres;
- 4 – Bornes de entradas digitais;
- 5 – Bornes de entradas analógicas.
- 0-10Volts, utilizáveis em entradas DIG;
- 6 – Localização da memória de segurança ou cabo de ligação ao PC;
- 7 – Tecla SHIFT (branca);
- 8 – Tecla Menu/Ok (verde) de seleção e validação;
- 9 – Bornes das saídas de relés;
- 10 – Teclas de navegação (cinzentas) ou após configuração botões de pressão “Zx”.

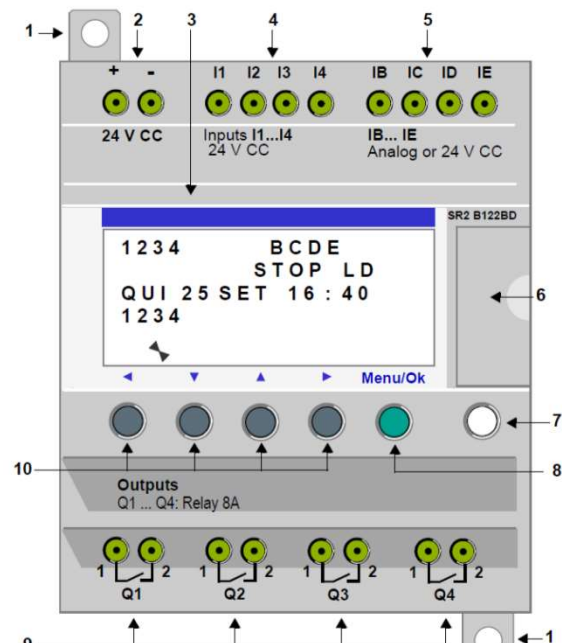


Figura 23 - Descrição da face anterior do módulo lógico.

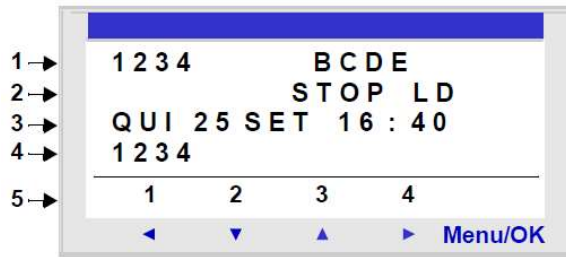


Figura 24 - Descrição do visor LCD.

- 1 – Visualização do estado* das entradas (B...E representam as entradas analógicas, que também pode utilizar como analógicas);
- 2 – Visualização do modo de arranque (RUN/STOP) e do modo de programação (LD/FBD)
- 3 – Visualização da data (dia e hora para os produtos com relógio);
- 4 – Visualização do estado das saídas;
- 5 – Menus de contexto / botões (Zx) / ícones indicando os modos de arranque.

(*) Aparece uma entrada ou saída ATIVA em vídeo inverso.

As teclas “Zx” são as teclas (ref. 5) cinzentas alinhadas da esquerda (Z1) para a direita (Z4) e situadas sob o LCD. As setas que indicam os sentidos de deslocamento associados à navegação estão gravadas por cima das teclas.

As teclas de navegação permitem deslocar-se para a esquerda, para baixo, para cima e para a direita.

A posição no ecrã é materializada por uma zona intermitente:

- Quadrada para uma posição que corresponda a um contacto (apenas no modo de programação);
- Redonda para uma ligação (apenas no modo de programação).

Nota: se for possível utilizar as teclas para outras ações além da navegação, aparece uma linha de menu de contexto (Exemplo : , 2, 3 e 4 como entradas de tipo tecla “Zx”).

3.3.2. Programa

Foi elaborado um programa que se encontra em anexo, pensado essencialmente na segurança de bens e pessoas de acordo com o fluxograma (figura 25). Para isso, teve que se ter em conta as necessidades de ENTRADAS e SAÍDAS e as suas características técnicas de modo a garantir o regular e seguro funcionamento do queimador.

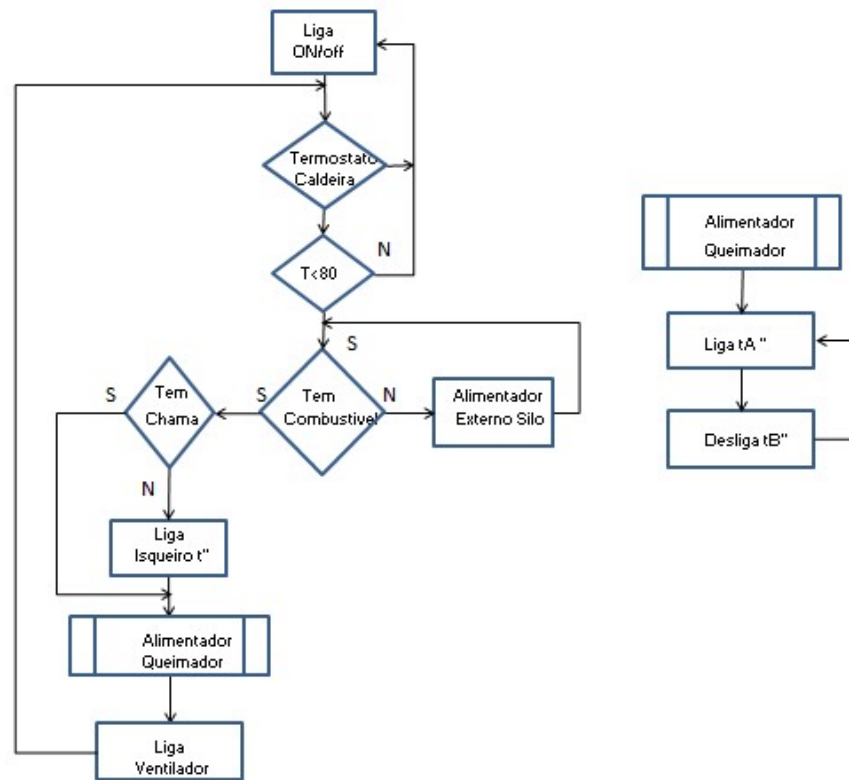


Figura 25 - Fluxograma do programa.

➤ Entradas:

- Sensor de chama;
- Sensor de nível de combustível;
- Termostato de segurança do alimentador interno;
- Termostato da caldeira.

➤ Saídas:

- Ignição;
- Ventilador;
- Motor do sem-fim interno;
- Motor do sem-fim externo.

3.3.2.1. Controladores

A seguir são identificados e descritos os controladores utilizados no programa.

- ✓ TT1 - Temporizador do alimentador externo (figura 26).

Tempo de espera para carregamento do silo, desta forma serve para permitir o modo de “Queimar” se o sensor de combustível não detetar a presença de pellets durante “t” segundos.

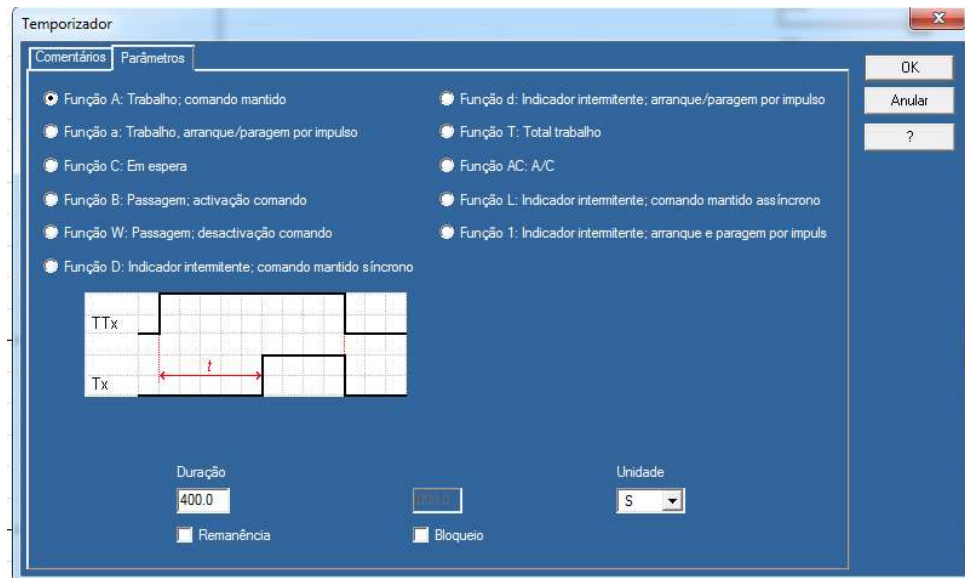


Figura 26 – Temporizador do alimentador externo.

- ✓ TT2 - Temporizador do alimentador interno durante a queima (figura 27).

Permite ao utilizador, regular a “potencia” do queimador pelo modo de variar “tA” ou “tB” ou ainda os dois tempos.

Estes tempos estão ainda relacionados com o tipo de combustível, a capacidade calorífica e ou a velocidade de queima do combustível pode fazer alterar “t” para procurar um bom rendimento do queimador.

“tA” – tempo de acionamento do alimentador interno.

“tB” – tempo de espera do alimentador interno.

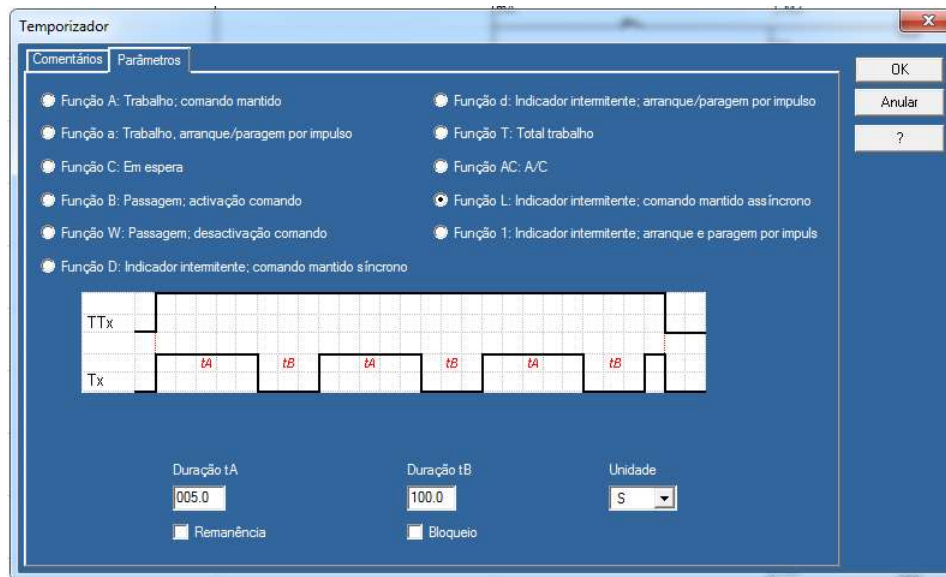


Figura 27 - Temporizador do alimentador interno durante a queima.

- ✓ TT3 - Temporiza o arranque do alimentador interno (figura 28).

Permite carregar o sem-fim do alimentador interno quando se inicia o queimador.

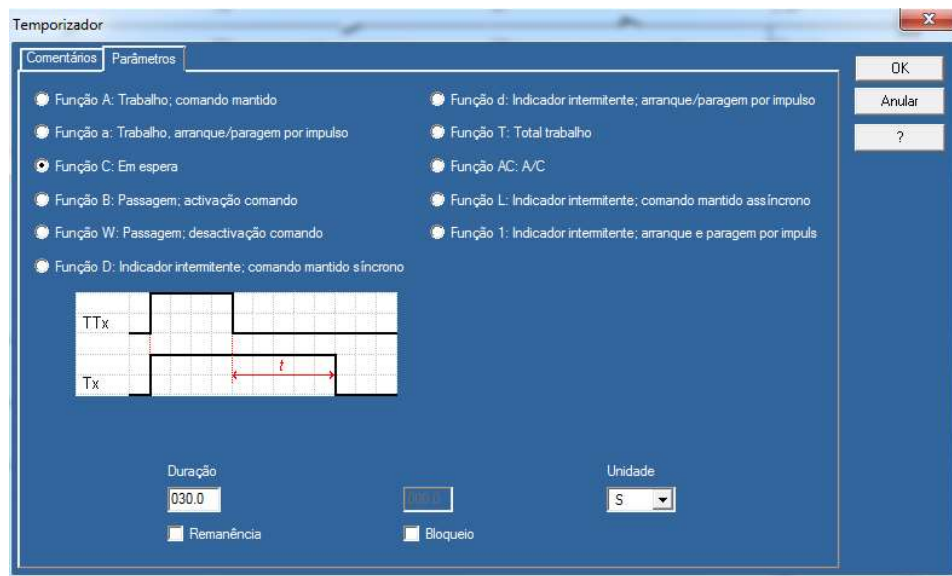


Figura 28 - Temporiza o arranque do alimentador interno.

- ✓ TT4 - Temporizador do Ventilador (figura 29).

Garante a insuflação de ar no queimador permitindo a queima total de combustível existente no alimentador interno, acionado quando o sensor de alimentação não deteta combustível.

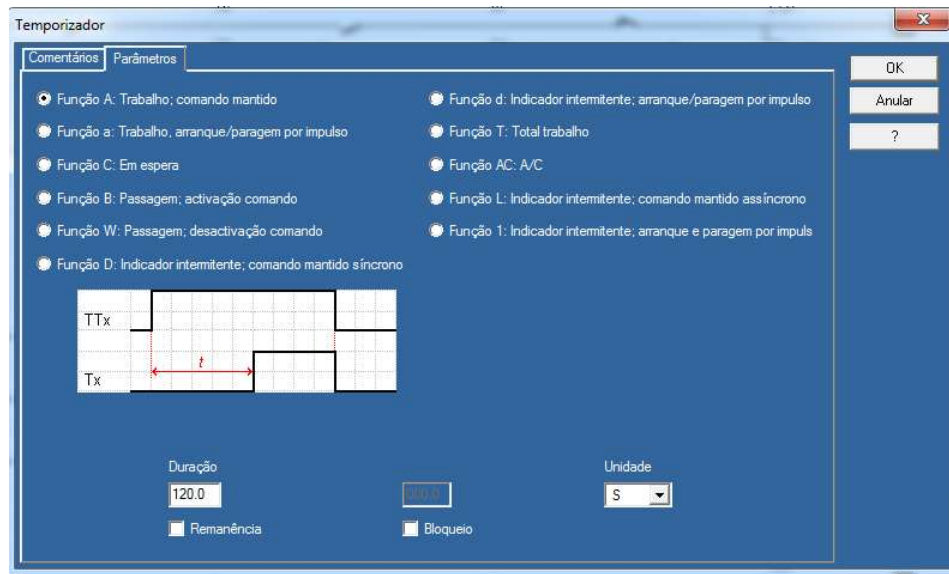


Figura 29 - Temporizador do Ventilador.

- ✓ TT6 – Temporizador - limita alimentador externo (figura 30).

Limita o tempo de funcionamento do alimentador externo após detetado falta de combustível.

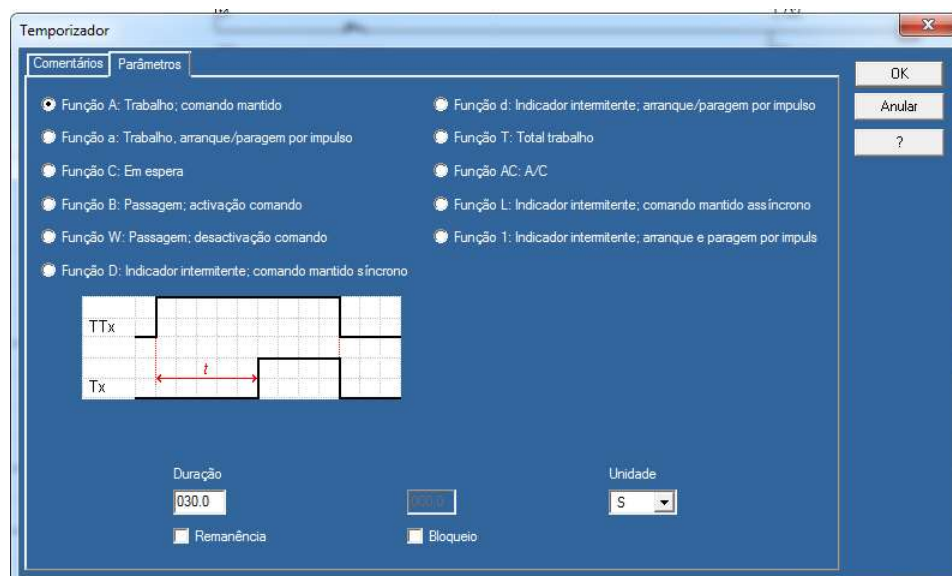


Figura 30 - Temporizador - limita alimentador externo.

- ✓ Relógio1 – Função relógio (figura 31).

Esta função permite ativar e desativar o estado de funcionamento do queimador, permitindo a seleção do dia da semana e definindo a hora de início/ fim de funcionamento do queimador.

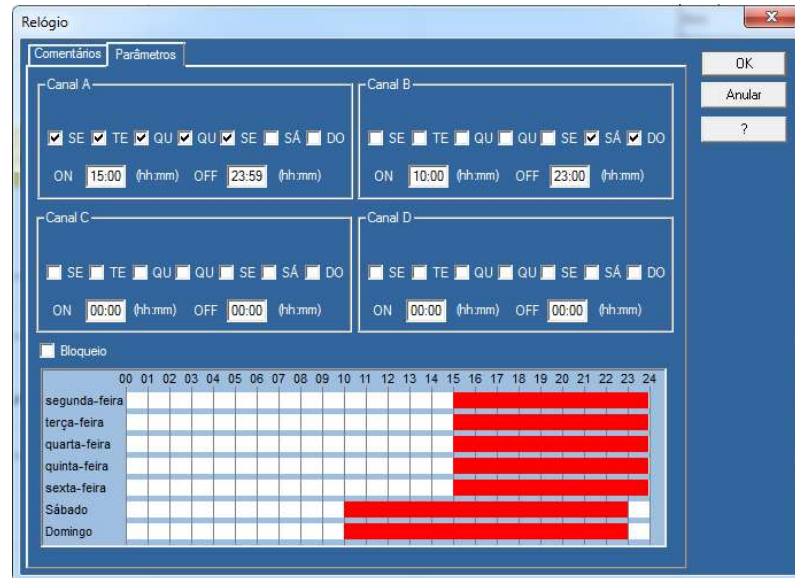


Figura 31 - Função relógio.

3.4. Sem-fim interno

O sem-fim de alimentação interna, fabricado de acordo com o desenho apresentado na figura 32, é constituído por um tubo horizontal de Ø 48mm que recebe o sem-fim, este está acoplado a um motor de 24V DC. Está ainda posicionado no tubo horizontal o porta ignição, um tubo vertical para receber a mangueira de alimentação proveniente do sem-fim de alimentação externa, o termostato de segurança e o sensor de nível de combustível.

O bom funcionamento do motor do sem-fim de alimentação interna é fundamental para a segurança. Uma falha no motor do sem-fim de alimentação pode causar retorno de chama. Portanto, o motor deve ser verificado periodicamente em função da quantidade de pellets queimadas.

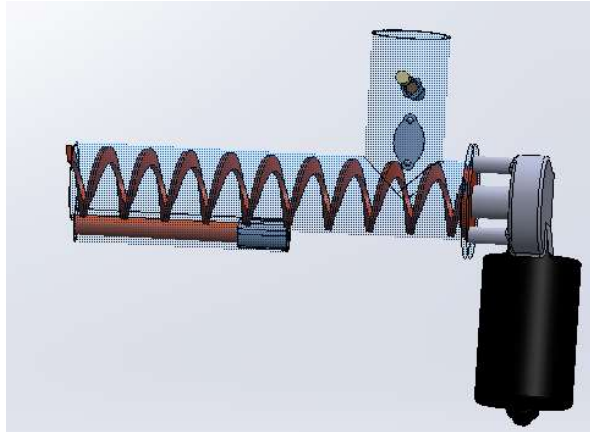


Figura 32 - Sem-fim Interno.

3.5. Ventilador

O ventilador axial fabricado segundo figura 33 e acionado por um motor 220V AC, que fornece ar à câmara de combustão, debitando um caudal de aproximadamente 300m³/h, com uma pressão suficiente para vencer a barreira dos pequenos orifícios de entrada de ar à câmara de combustão, está ainda equipado com um registo de controlo de entrada de ar manual para ajustar a entrada e consequente saída de ar no ventilador. O ventilador irá insuflar o ar para dentro de uma caixa de distribuição de ar para dentro da câmara de combustão (figura 34).

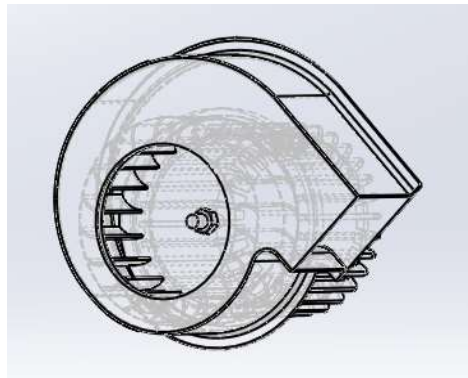


Figura 33 - Ventilador axial.

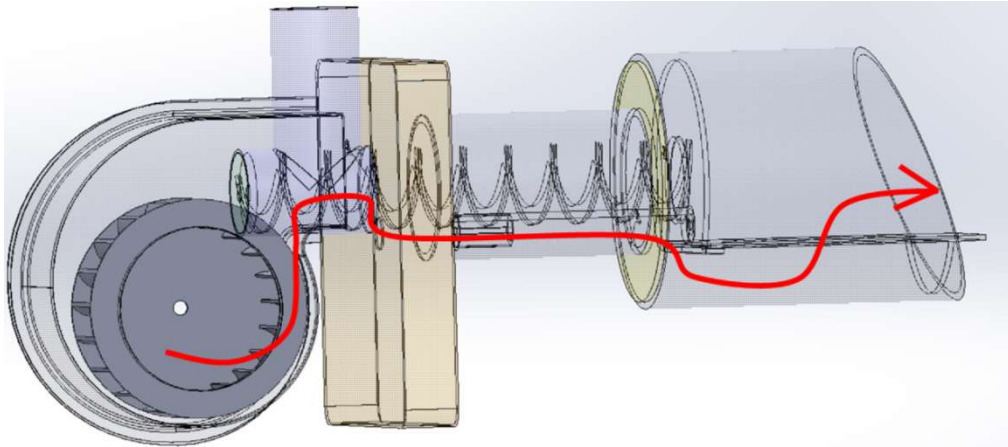


Figura 34 - Injeção de ar para a câmara de combustão.

O ar na sala da caldeira poderá conter poeiras que se podem depositar nas pás do ventilador. A melhor solução é manter sala da caldeira o mais limpa possível. Caso contrário, pode ocorrer a diminuição do rendimento do ventilador. Nas operações de manutenção deverá ser verificado este aspeto.

3.6. Termostato de segurança - Rearme

O Termostato de Segurança calibrado para 80°C, que atua em caso de sobreaquecimento do queimador. O termostato de segurança (figura 35) desliga todo o sistema e deve ser rearmado manualmente. O termostato está localizado no tubo do sem-fim interno.

Procedimento:

1. Verifique se o queimador está frio e desligado da fonte de alimentação.
2. Remova a tampa.
3. Pressione o botão pequeno no termostato.
4. Ligue a fonte de energia.

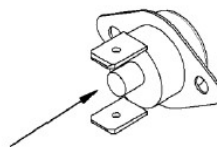


Figura 35 - Termostato de segurança.

3.7. Sensor de chama

O sensor de chama cuja a ficha técnica se encontra em anexo é constituído por um foto detetor resistivo com sensibilidade à luz (LDR), com cabo termoplástico, 2 fios embutidos (figura 36) e flange / braçadeira de plástico. Deteta radiação de luz de chamas na faixa visível do espectro de luz. O elemento sensível à luz é uma LDR cuja resistência elétrica no escuro é da ordem dos

M Ω . À medida que a intensidade da luz aumenta, a resistência elétrica cai para cerca de 1k Ω que é avaliada pelo controlador do queimador para gerar o sinal de chama. Este tipo de detetor é montado numa flange, a ranhura na guia da flange de fixação e uma braçadeira no detetor garante a ausência de vibração durante o funcionamento e a certeza de que o detetor foto resistivo de chamas estará sempre alinhado corretamente com a chama.



Figura 36 - Sensor de chama.

O sensor de chama é conectado ao PLC numa porta de entrada analógica cuja tensão do sinal deverá situar-se entre os 0-10V, por isso torna-se necessária a implementação de um divisor de tensão que irá reduzir a tensão de entrada de 24V para 9V. O divisor de tensão foi elaborado de acordo com o esquema representado na figura 21 (ref.R1), para o efeito utilizou-se uma um potenciômetro de 1M Ω de modo a permitir ao utilizador calibrar a sensibilidade do detetor de chama.

3.8. Ignição

O sistema de ignição semiautomático dá-se a partir de uma resistência elétrica de 220V AC – 350W cuja ficha técnica se encontra em anexo, o estado de “Ignição” atua combinado com um ventilador axial, quando o sensor de luz não deteta chama. O ventilador insufla o ar para dentro de uma câmara de admissão, que passa pela resistência elétrica, aquecendo o ar a tal ponto que dê início à combustão da biomassa, mostrado na figura 37.

É mais durável do que qualquer outra resistência, pode operar mais de 90.000 ciclos, resistente à corrosão e oxidação. O ponto de ignição com este tipo de resistência pode ser cerca de 90

segundos num forno, caldeira ou inserida em queimador de biomassa, muito mais rápido do que resistências convencionais.

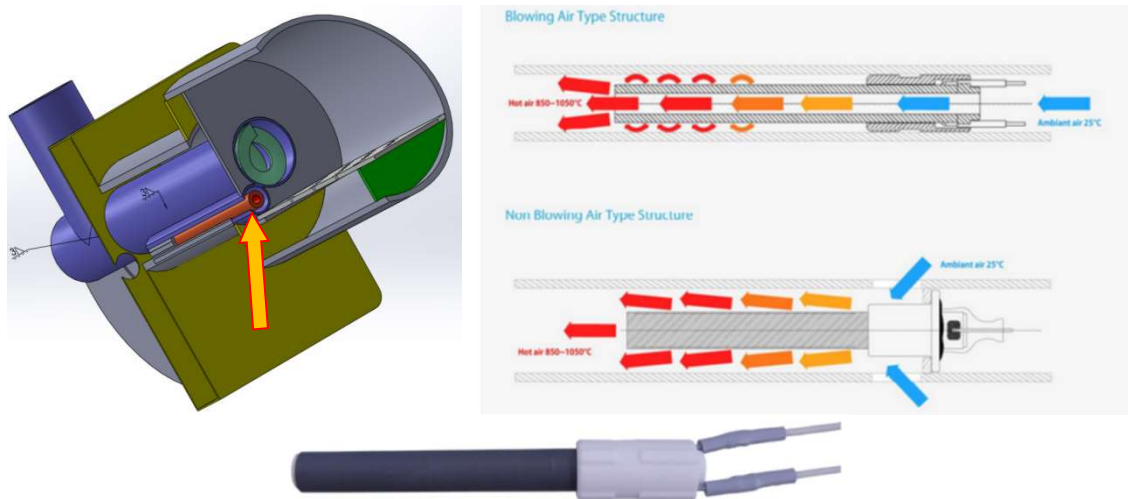


Figura 37 - Sistema de ignição semiautomático.

3.9. Sensor de nível de combustível

O sensor de nível de combustível situa-se no tubo vertical do alimentador interno (figura 38), montado segundo o esquema elétrico representado na figura 21 (ref. SC). É constituído por uma resistência LDR que analisa a intensidade da luz emitida por um LED alinhado ao mesmo nível. A luz do LED quando interrompida pela presença do combustível faz variar a LDR que informa o PLC, este liga ou desliga o motor do alimentador externo.

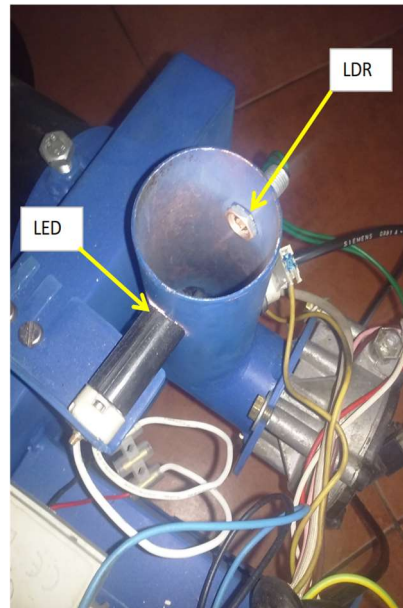


Figura 38 – Descrição do sensor de nível de combustível.

Este sensor garante a presença de combustível que permite o funcionamento do sem-fim interno e aciona o sem-fim de alimentação externo, que em simultâneo na ausência de combustível durante t segundos fará acionar o estado de “Fim de Queima”.

3.10. Modo de funcionamento do queimador

O Controlador Lógico Programável foi programado para satisfazer as necessidades do utilizador, pensando no rendimento, facilidade de utilização e segurança do queimador.

✓ Facilidade de utilização

O Controlador Lógico Programável além de permitir alterações através do software Zelio Soft 2 tem também uma interface com botões de navegação e um LCD que permite visualizar os parâmetros de funcionamento e altera-los se for necessário.

Para dar inicio ao Arranque:

O arranque deve ser iniciado com o botão ON/Off do quadro elétrico na posição “Off”, garantida a presença de combustível no silo e no tubo do sem fim do alimentador externo, com o acionamento do botão “Z3” para carregamento do sem-fim do alimentador interno durante o tempo “ t ” do temporizador TT3, seguidamente acionar o botão ON/Off do quadro elétrico para a posição “ON”, o sensor de luz irá detetar ausência de chama e acionar a Ignição, em simultâneo é acionado o sem-fim de alimentação interna controlado pelo temporizador TT2, permanecendo neste estado “Queimando” até que o sensor de

nível de combustível detete pellets, o Relógio do Controlador Lógico Programável esteja no intervalo de estado ON ou o termostato da caldeira não tenha atingido a temperatura desejável.

Para parar o queimador sem ser nas condições atrás descritas é **impreterível** proceder-se do seguinte modo:

Acionar o botão ON/OFF do quadro elétrico para a posição “OFF” e de seguida carregar no botão “Z3” do Controlador Lógico Programável acautelando assim o escoamento de combustível no sem-fim de alimentação interna impedindo o retorno de chama.

O estado de “Fim de Queimando” é iniciado quando acionado o temporizador TT1 e consequentemente acionado o temporizador TT4.

Para alterar os parâmetros do Relógio1 devem seguir-se os seguintes passos:

Carregar no botão “Menu/Ok”, com a tecla “▼”selecionar “PARAMETRO” confirmando na tecla “Menu/Ok”, pressionar “▲”até encontrar o menu ilustrado na figura 38. Existem quatro intervalos horários independentes (1). Os campos (2) permitem escolher os dias da semana onde o relógio vai ser ativado. Os horários de ativação e de desativação têm de ser introduzidos nos campos «ON» e «OFF» (3).

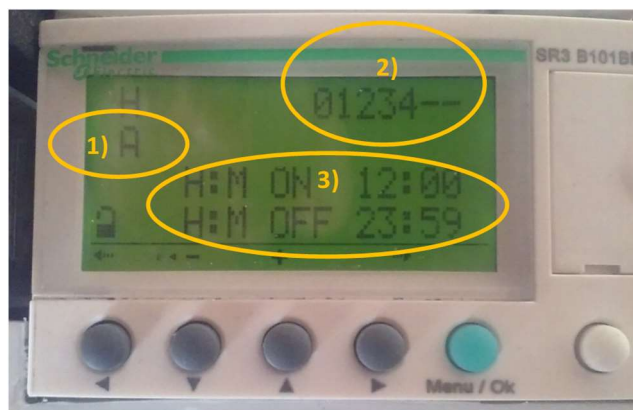


Figura 39 – Menu da função relógio.

✓ Rendimento

Este parâmetro está diretamente relacionado com o tipo de combustível utilizado e o temporizador TT2 que fará alterar o consumo de combustível e consequentemente a quantidade de calor gerada pelo queimador, para isso é necessário alterar os tempos em segundos “tA” e ou “tB” como a seguir se descreve:

Após carregar no botão “Menu/Ok”, selecionar com o botão “▼” a opção “PARAMETRO”, com o botão “▶” ou “◀” posicionar-se no temporizador TT2 em tA ou tB e alterar os tempos em segundos com o botão “▼” ou “▲”. Para terminar é necessário validar a alteração carregando no botão “Menu/Ok”.

✓ Segurança do queimador/equipamento

O queimador está equipado no tubo do alimentador interno com um termostato de segurança, calibrado para 80° celsius que ativa ou desativa o sistema, em série com o termostato da caldeira que garante o estado de “Queimando” até a água da caldeira atingir a temperatura desejada pelo utilizador.

3.10.1. Carregamento de Combustível

➤ Sem fim-Interno

No ciclo de carregamento, o sem-fim interno envia a quantidade de combustível correta para dentro da câmara de queima junto à ignição. A quantidade de combustível carregado é controlada pelo tempo de funcionamento do sem-fim interno, este depende do sensor de nível de combustível:

- O sem-fim do alimentador interno deve ser acionado manualmente quando em situação de arranque manual, ou seja, pela primeira vez, no caso de fim de pellets no sem-fim interno, para isso deve premir-se a tecla “Z3” do PLC com o interruptor em OFF.
- O sem-fim do alimentador interno é iniciado se o sensor de nível de combustível situado na entrada superior do tubo do alimentador interno reconhece pellets.
- O sem-fim do alimentador interno também pode ser acionado a qualquer momento enquanto premida a tecla “Z1” do Controlador Lógico Programável.

➤ Sem-fim Externo

No ciclo de carregamento, o sem-fim externo envia a quantidade de combustível necessária para o sem-fim interno que depende do sensor de nível de combustível:

- O sem-fim externo assegura o nível de combustível permanente no tubo de alimentação durante o estado “Queimando”. Este também pode ser acionado a qualquer momento enquanto premida a tecla “Z2” do Controlador Lógico Programável.

O queimador entrará em estado “Carregar Silo” nos seguintes casos:

- Foi excedido o tempo limite de carregamento de combustível (sem sinal por um período de tempo especificado).
- Foi excedido o tempo limite de descarga de combustível (sinal dura mais tempo do que o período de tempo especificado).

3.10.2. Queimando

A posição de funcionamento normal do queimador é o estado “Queimando”. O combustível é adicionado periodicamente e o ventilador é mantido em funcionamento. O estado “Queimando” está ativo desde que o termostato da caldeira não atinja a temperatura de segurança, ou seja, o termostato de segurança não atinja 80° Celcius, o relógio interno não atinja o fim de funcionamento programado e o Sensor de Nível de Combustível detete a presença de combustível.

3.10.3. Fim de Queima

No estado “Fim de Queima” todo o combustível dentro da câmara de combustão e tubo de alimentação deve ser queimado, não será adicionado mais combustível a partir do sem-fim externo. Neste estado o sem-fim interno funciona durante alguns segundos e o ventilador continua a trabalhar até estar garantida a combustão total do combustível existente no queimador.

3.11. Manutenção

O queimador requer manutenção sistemática. O período de manutenção depende da qualidade dos pellets e da intensidade de aquecimento. O período de manutenção estimado é de 1 semana. O queimador necessita de limpeza, quando a camada de cinza na grelha atinge 1,5-2 cm de espessura. Como até os pellets de alta qualidade contêm 0,3-0,5% de cinzas, então a limpeza da grelha de combustão deve ser feita pelo menos uma vez por semana. Consoante a qualidade dos pellets, pode ser necessário limpar o queimador com mais frequência.

Para limpar o queimador:

- Desligue o queimador.
- Deixe o queimador arrefecer durante pelo menos 1 hora.
- Abra a porta da caldeira conjuntamente com o queimador retirando 4 porcas M10 para ter acesso a câmara de combustão.

- Retire da grelha e limpe-a de qualquer resíduo. Certifique-se de todos os furos na placa estão limpos.
- Remova as cinzas da câmara de queima.
- Limpar a caldeira. A frequência de limpeza da caldeira depende do tipo de caldeira e da intensidade de aquecimento. Para mais informações sobre a limpeza da caldeira, por favor, consulte o manual do utilizador da caldeira.
- Coloque de volta a grelha. Verifique se a grelha fica na posição correta. Se a grelha ficar desalinhada irá alterar o fluxo de ar e conseqüentemente o rendimento da combustão.
- Fechar a porta da caldeira para terminar a manutenção recolocando as 4 porcas M10.
- A limpeza do sensor de chama deve ser garantida, para isso é necessário desconectar o sensor, limpa-lo com um pano e voltar a coloca-lo no sítio.

Atenção! O queimador e a grelha devem ser verificados e limpos uma vez por semana. Isso garante um funcionamento do queimador eficaz e sem problemas.

A ligação entre a caldeira e a chaminé deve estar completamente vedada. Todas as aberturas de limpeza e manutenção devem ser fechadas com tampas.

3.11.1. Substituição da Ignição

Dependendo da carga de trabalho dos queimadores e das condições de intensidade de trabalho, a expectativa de vida útil do dispositivo de ignição é de cerca de 2-3 anos.

Substituir a ignição:

- 1) Verifique se o queimador está frio e desligado da fonte de alimentação;
- 2) Remova a tampa;
- 3) Retire a câmara de combustão aliviando os três parafusos M8;
- 4) Desligue os cabos de ignição;
- 5) Solte o parafuso de posicionamento da ignição;
- 6) Retire o dispositivo de ignição (direção mostrada na figura 40);
- 7) Instale a nova ignição;
- 8) Conecte os cabos de ignição;
- 9) Reaperte o parafuso da ignição;
- 10) Instale a câmara de combustão e a tampa de proteção.

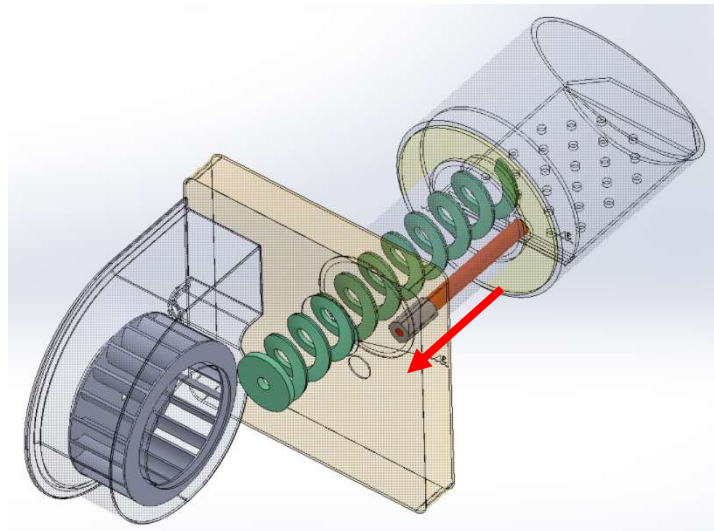


Figura 40 - Substituição da ignição.

3.12. Problemas e Soluções.

Estados de Erro	Causa	Procedimento
Parado	Não se trata de um erro, o queimador está parado pelo menu.	Para ligar o queimador: - Pressione o botão ON
Carregar Silo	Tempo máximo de carregamento foi ultrapassado e não chegou pellets ao sem-fim interno.	- Verifique se o silo tem pellets - Verifique o sem-fim externo e o cabo que liga o motor. - Verifique o sensor de nível, se necessário limpe-o.
Sem chama	A chama extinguiu-se na fase de pré queima	- Verifique o sensor de nível, se necessário limpe-o.
	A chama extinguiu-se na fase Queimando	- Verifique o sensor de chama, se necessário limpe-o.
Temperatura >80°	A temperatura no interior do alimentador interno ultrapassou o valor definido na configuração. É possível que tenha ocorrido retorno de chama.	- Verifique a temperatura. - Verifique a ligação do sensor de temperatura. - Verifique a câmara de queima e limpe-a. - Verifique a chaminé e a tiragem na fornalha. - Verifique a ligação e rotação do sem-fim interno.

3.13. Teste do protótipo.

Para saber a potência de calor gerada pelo queimador utilizou-se a equação (1), testou-se a quantidade de *pellets* que poderia ser queimada durante um dado período de tempo. Assim, sabendo o poder calorífico dos *pellets* e a eficiência estimada do queimador, poderia chegar-se à produção de calor gerada pelo queimador.

A regulação da quantidade de *pellets* e quantidade de ar para a queima foi definida após uma série de testes, encontrando o melhor ponto de regulação para a combustão.

Foram queimados 800 gramas de *pellets* (figuras 41 e 42) durante 25 minutos, ou seja, numa hora seria 1,92kg.

Desta forma, executou-se o cálculo abaixo:

$$Pt = (m \cdot C) \cdot Ef \quad (1)$$

$$Pt = (1,92\text{kg/h} \cdot 4800\text{kcal/kg}) \cdot 0,95$$

$$Pt = 8755 \text{ kcal/hora} = \mathbf{10,2 \text{ kW}} \quad (1 \text{ kcal} = 0,001163 \text{ kWh})$$

Onde:

Pt – Potência gerada por hora [kcal/h]

m – Massa de *pellets* queimada numa hora [kg/h]

C – Poder calorífico dos *pellets* [kcal/kg]

Ef – Eficiência estimada do queimador [%]

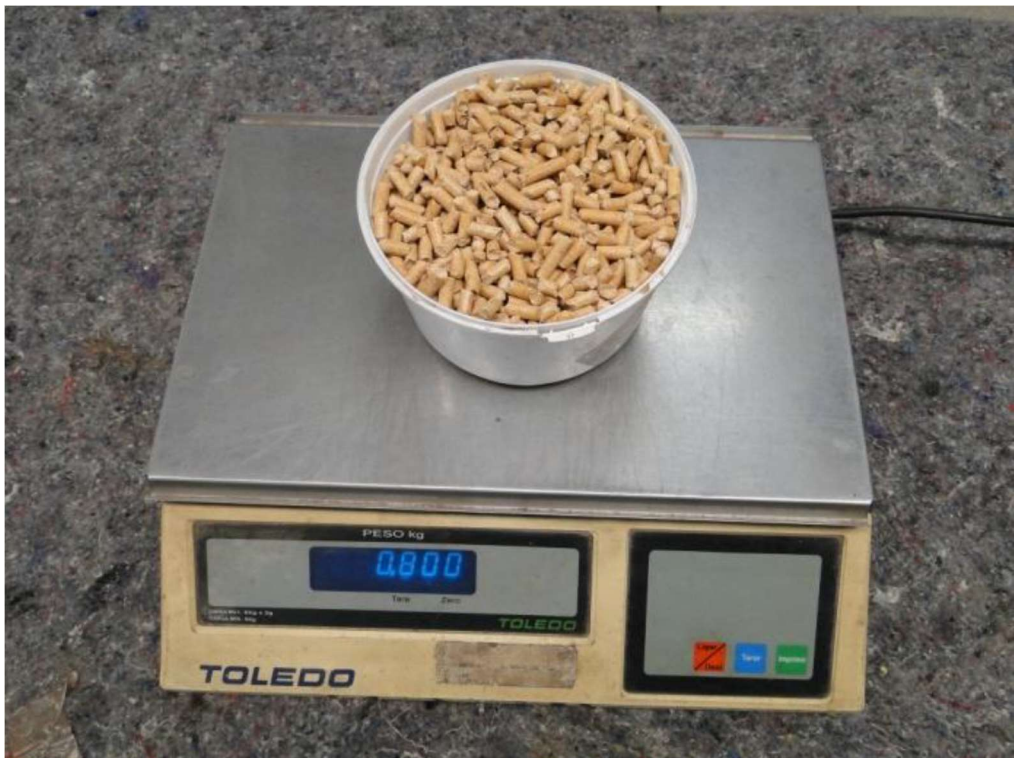


Figura 41 – Pesagem de pellets para teste.



Figura 42 - Teste do queimador.

No mesmo teste, fez-se uma tentativa de medição da temperatura à saída do queimador, contudo o equipamento não era adequado e o procedimento foi interrompido pelo fato do termopar ter ficado incandescente. Porém ficou registrada a temperatura de 1074 graus Celsius.

Outra observação que se pôde fazer durante os testes é que na fase de carregamento da fornalha, antes de iniciar a combustão, os pellets acabavam por se afastar demais da resistência elétrica de ignição e as vezes caindo do queimador, deste modo foi alterada a grelha que inicialmente era plana e fabricada uma outra curva, mantendo os pellets junto da ignição, próximos ao ponto de ar quente de ignição.

CONCLUSÃO

Neste trabalho abordou-se o desenvolvimento de um queimador de biomassa automático. O objetivo é que possa substituir os queimadores a combustíveis fósseis que equipam a maioria das caldeiras a água. Uma breve pesquisa do tipo de caldeiras existentes no mercado levou a concluir que a grande maioria é perfeitamente adaptável ao tipo de queimador descrito neste projeto. Para ser eficiente e segura, a sua programação foi pensada utilizando um PLC. Este facto tornou o trabalho bastante interessante, uma vez que o queimador tem que funcionar em harmonia com

uma série de sensores de controlo não só de temperatura como também de segurança e periféricos, como alimentadores, ventilador e ignição.

Foram cumpridos todos os objetivos que haviam sido propostos, foi possível detalhar o projeto e executar a fabricação e teste do protótipo, verificando de forma prática o desempenho do produto final.

Este trabalho foi muito importante para o meu conhecimento, compreensão e aprofundamento deste tema, porque permitiu-me compreender melhor a capacidade e versatilidade da utilização de PLC para automação de máquinas como também a potencialidade do tipo de combustível em franca expansão no mercado mundial “BIOMASSA”, este, por se tratar de geração de energia térmica com combustível de fonte renovável, insere o produto dentro de uma linha ecologicamente correta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MARTINELLI JR, LUIZ CARLOS. Princípios de Combustão, coleção cadernos Unijuí. Ijuí: Editora Unijuí, 1995.
2. FOGO SABER. Blog com informações gerais sobre o fogo. Disponível em: <<http://fogo.fire.saber.zip.net/images/fogo.jpg>>. Acesso em janeiro/2016.
3. WOOD PELLET SUPPLIES. Associação de fornecedores de peças e equipamentos para Pellets. Disponível em: <<http://www.woodpelletsupplies.com/>>. Acesso em janeiro/2016.
4. MEGATHERM. Fábrica de queimadores a pellets. Grécia. Disponível em: <<http://www.megatherm.gr/>>. Acesso em: janeiro/2016.
5. TRECO, GREEN HEAT. Fábrica de queimadores a pellets. Tiverton, Reino Unido. Disponível em: <<http://www.treco.co.uk>>. Acesso em janeiro/2016.
6. AULDTON STOVES. Fábrica de fornos e queimadores a pellets. Dunlop, Reino Unido. Disponível em: <<http://www.auldtonstoves.co.uk/>>. Acesso em janeiro/2016.
7. ÖKOFEN. Fábrica de boilers com queimadores a pellets. Mickhausen, Alemanha. Disponível em: <www.oekofen.de>. Acesso em janeiro/2016.

8. BEACON. Loja de queimadores e componentes para pellets. Carmarthenshire, Reino Unido. Disponível em: <www.beacon-stoves.co.uk>. Acesso em janeiro/2016.

ANEXOS