



PROPOSTA PARA AUTOMAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO BOILER DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR EM SITUAÇÃO DE BAIXA LUMINOSIDADE.¹

RODOLFO H. F. Mauricio – Rodolfo.mauricio1@gmail.com
Universidade de Araraquara (UNIARA)

MAURICIO, Rodolfo H. F.. **Proposta para automação da resistência do boiler de um sistema de aquecimento solar em situação de baixa luminosidade.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Araraquara, 2018.

Área: Automação

Subárea: Residencial

Resumo: Este trabalho propõe a automação da resistência de um boiler através de um processo que utiliza um microcontrolador para medir, controlar e atuar no sistema., para que em períodos com baixa intensidade luminosa, a água esteja na temperatura definida pelo usuário desse sistema sem ele ter que ligar o disjuntor. O microcontrolador irá comparar o valor obtido dos sensores localizados no boiler com o valor definido, decidindo assim se ele irá ou não acionar a resistência do boiler para aquecer a água. As melhorias do projeto são o aumento de comodidade, conforto do usuário e redução gastos com energia elétrica.

Palavras-chave: Automação. Sistema solar. Boiler. Resistência elétrica.

¹ Trabalho orientado pelo Prof.(MSc.) Gabriel Vendramini

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização da proposta

O boiler é um tipo de caixa d'água especial que possui um isolamento térmico para manter a água aquecida e possui geralmente um sistema de aquecimento elétrico. Esse sistema de aquecimento também pode ser solar ou a gás. De acordo com empresa SOLETROL (2018) o boiler pode ser feito de cobre, inox, polipropileno e depois é adicionado o isolamento térmico, sendo que os reservatórios térmicos podem variar de 100 a 20 mil litros. Para dimensioná-los, basicamente é necessário saber o número de pessoas que irão utilizar a água, o tempo médio de uso, a quantidade de usos e os pontos que utilizarão a água quente.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor a automação para controlar o acionamento e o desligamento da resistência do boiler de um sistema de aquecimento solar para quando há baixa incidência solar, o controle da temperatura da água será feito a partir de um *set-point* (valor de temperatura definido pelo usuário).

1.3. Problemas

Devido a períodos do ano onde há baixa incidência de luminosidade solar, a água do boiler não receberá água quente proveniente do aquecimento das placas solares esses períodos a temperatura da água diminui, fazendo que o usuário tenha que geralmente ativar manualmente a resistência do boiler para que ela aqueça a água do boiler para que o usuário possa utilizá-la.

1.4. Justificativa

Para fornecer maior conforto ao usuário do sistema de aquecimento solar de água devido ao aumento de nível de requisição por conforto que há atualmente e para que o usuário tenha um controle sobre a temperatura da água do boiler, podendo assim escolher a

temperatura desejada para a água do boiler. Fundamentando assim a utilização de recursos de controle e automação para controlar a temperatura da água do boiler.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Energia solar

Segundo Greenpro (2004) *apud* Alves (2017), o sol é uma fonte inesgotável de energia, como fonte de calor quanto como fonte de luz, é mensurado que a energia solar que chega à terra é da ordem de $15 * 10^{15}$ MWh por ano, isso é equivalente a 10 mil vezes o consumo mundial de energia no mesmo período.

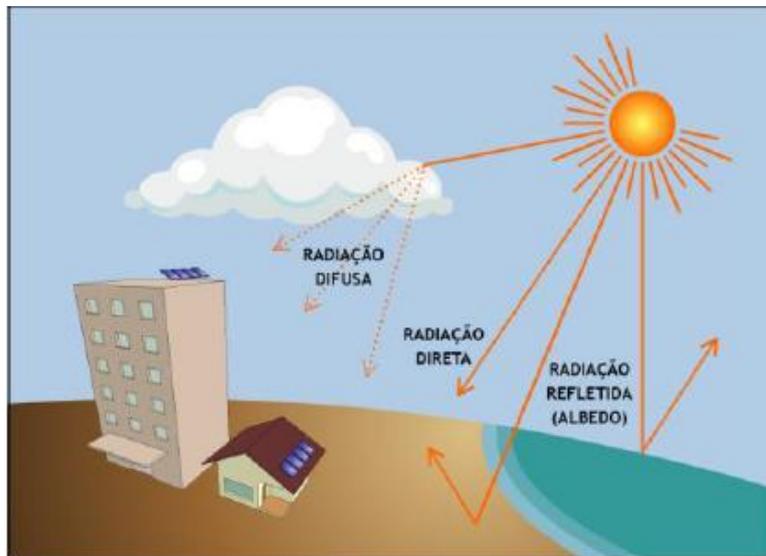
Segundo o Ministério de minas e energia, o Brasil, por estar localizado relativamente próximo à faixa do Equador, possui um grande índice de radiação solar, um dos mais altos do mundo, estimado em mais de 140.000 MW, o que representa 50% a mais do que toda a energia utilizada no país atualmente.(ALVES, 2017, p.27)

De acordo com Cassares (2017) a energia solar pode suprimir parte das necessidades energéticas da sociedade através de aplicações de aquecimento ou para geração de eletricidade.

A radiação solar ao entrar na atmosfera sofre diversos processos físicos e ao chegar na superfície terrestre a radiação solar é composto por duas parcelas, a radiação direta e a radiação difusa como mostrado na figura 1.

Na figura 1 a radiação direta é a que vem diretamente do sol, não foi espelhada pela atmosfera; a radiação difusa é proveniente da difusão da radiação solar na atmosfera e nas nuvens e quando a superfície for inclinada, poderá ter a radiação refletida (Albedo) que é a radiação refletida pelo solo e pelos arredores. A radiação total inclui os componentes das radiações direta, difusa e refletida.

Figura 1 - Componentes da radiação solar direta, difusa e refletida(Albedo).



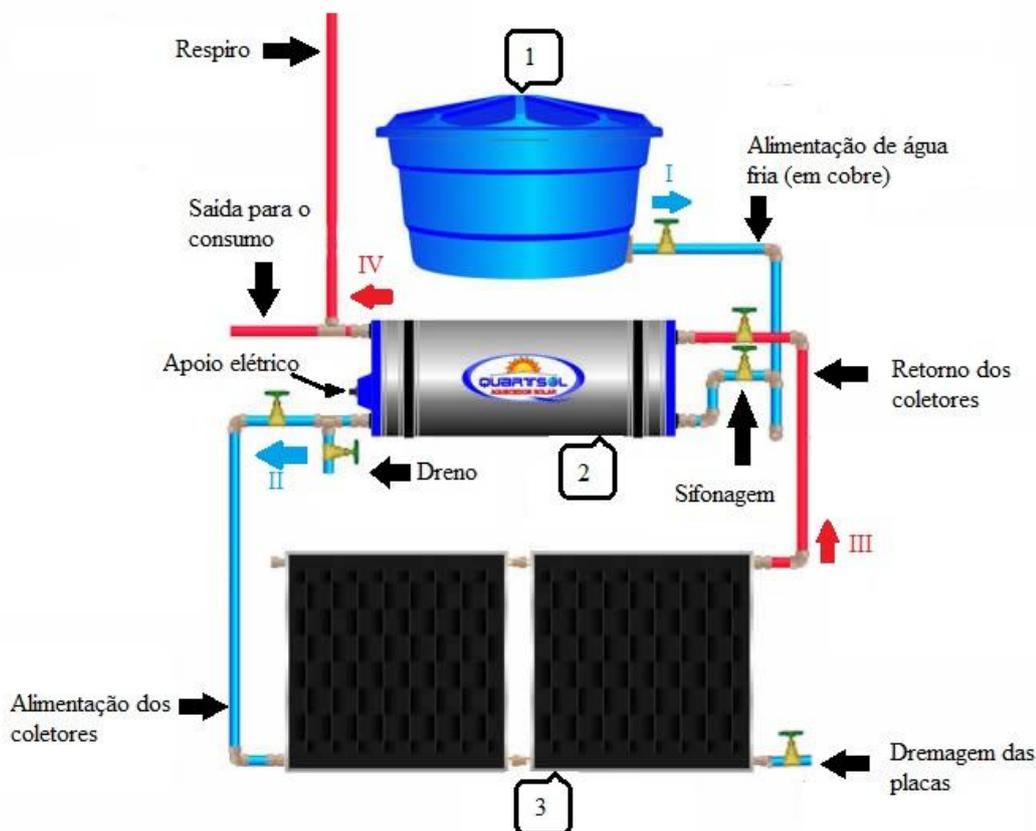
Fonte: Viana (2010) *apud* Cassares (2017).

2.2. Sistema de aquecimento solar

Segundo o PORTAL SOLAR e o SOLETROL para o dimensionamento do aquecedor solar é necessário saber quantas pessoas irão usar o sistema diariamente, a duração média e a quantidade de banhos por dia, quantos irão ser os pontos de uso de água quente, a dimensão da piscina se tiver ou quiser ele aquecida e outros questionamentos.

No sistema de aquecimento solar (Figura 2) onde os componentes são representados pelos números 1, 2 e 3 enquanto os números I, II, III e IV representam os condutores por onde a água fria ou a quente passa. O número 1 é a caixa de água (temperatura ambiente), o 2 é o boiler, no caso ele seria o reservatório de água quente e ele também tem um sistema de aquecimento auxiliar elétrico e o 3 são as placas coletoras de energia solar (coletores solares). O número I é um condutor de água fria que sai da caixa de água e vai para o boiler, o II é um condutor de água fria que sai do boiler e vai para as placas coletoras de energia solar, o III é um condutor de água quente que sai das placas coletoras de energia solar e vai para o boiler e o IV é um condutor de água quente que sai do boiler e vai ser usada para o consumo tanto como água do chuveiro ou mas torneiras.

Figura 2- Sistema de aquecimento solar.



Fonte: adaptado pelo próprio autor (2018)

Os sistemas de aquecimento de água consistem basicamente de coletores da energia solar, trocadores de calor, reservatórios de água quente, equipamentos auxiliares de aquecimento e sistema de distribuição de água quente. (ARRUDA, 2004, p.47)

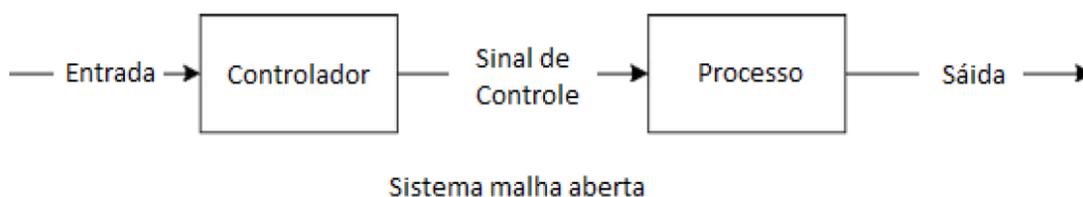
De acordo com Arruda (2004) a água pode ser aquecida diretamente no coletor solar ou de forma indireta através de fluidos refrigerantes, isso é o fluido é aquecido no coletor e depois transfere-se este calor à água que irá ser utilizada. A circulação pode ser por termossifão, que acontece devido a densidade do líquido ou do fluido por causa da variação de temperatura ou por um sistema de bombeamento.

2.3. Sistema de controle

Segundo Ghizzi (2017) o objetivo de um sistema de controle é receber uma variável e controlar essa variável com base em uma referência dada, existem dois tipos possíveis de malhas de controle: malha aberta e malha fechada. Cada tipo de sistema é projetado de uma forma específica que cumprir aos requisitos do problema a ser resolvido e o tipo de malha vai depender das configurações do sistema.

Segundo Ogata (2000) o sistema de malha aberta não mede o sinal de saída para compara o sinal como à referência, por conta disto não é possível garantir que o controle do sinal está sendo feito de forma desejada, a malha aberta é utilizada em sistemas que as entradas e saídas são conhecidas ou quando os distúrbios podem ser desconsiderados, como representado pela figura 3.

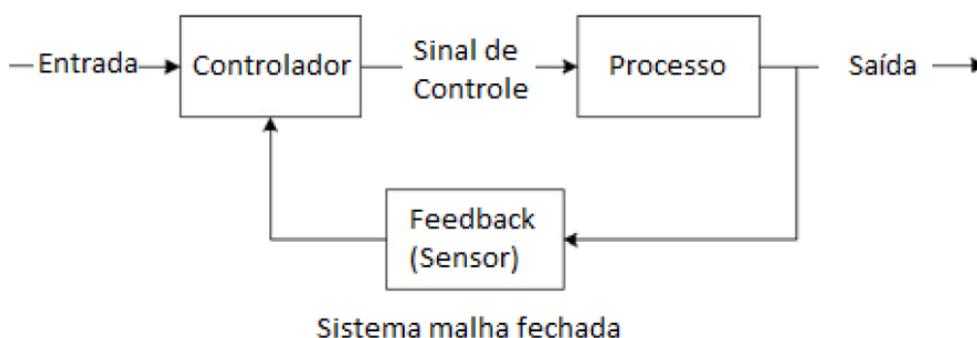
Figura 3- Sistema de malha aberta



Fonte: Ghizzi, 2017

O sistema de malha fechada(Figura4) ocorre por causa que as entradas são desconhecidas ou quando o distúrbio não pode ser desconsiderado. A saída do controlador será comparada com o valor de referência estabelecendo um erro do sinal de controle. A principal diferença entre sistemas de malha fechada e malha aberta é feedback que o controlador adquire dos sensores de que medem a saída.

Figura 4 - Sistema de malha fechada



Fonte: Ghizzi, 2017

2.4. Sistemas similares que estão no mercado

Segundo SOLETROL eles fornecem um sistema de aquecimento solar com controle digital que eles chamam de CDT Easy, que faz o controle inteligente do acionamento do boiler comparando a temperatura do boiler com a temperatura definida pelo usuário.

Figura 5 - Aquecedor Solar Soletrol Digital- CDT Easy



Fonte: SOLETROL, 2018

3. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado um microcontrolador PIC 18F4520 -I/P para controlar o acionamento da resistência do boiler para aquecer a água para a temperatura que o usuário definiu como *set-point* e o tempo definido pelo cliente para que a temperatura escolhida seja aquecida e mantida nesse tempo. A programação do microcontrolador foi feita através do programa miKroC-PIC e programado em linguagem C. Para controlar a temperatura do boiler foi proposto utilizar um controle On/OFF, a Interação Homem Máquina (IHM), ou seja para que o usuário possa definir a temperatura e o tempo de funcionamento será feita utilizando uma tela LCD e um teclado ou botões.

Será necessário um microcontrolador com o RTCC (*Real Time Clock and Calendar*) ou caso o microcontrolador utilizado não contenha o RTCC será necessário um circuito integrado relógio/calendário e uma bateria de lítio 3V para que possa manter o circuito integrado relógio/calendário caso falte energia.

Para medir a temperatura no boiler será utilizado 2 sensores de temperatura que serão colocados um na parte superior e um na parte inferior do boiler para assim fornecer a temperatura média da água no boiler. O sensor de temperatura que será utilizado será o PT100 e um transdutor de saída 4-20 mA. Através de um resistor de 250 Ohm, transforma-se esse sinal de corrente em tensão, de 1,0 a 5,0V.

O miKroC-PIC foi utilizado para fazer a programação que é responsável pelo controle do acionamento da resistência do boiler, essa programação foi salva no microcontrolador PIC. Ele é responsável por controlar o sistema há partir da comparação do valor do *set-point* com a temperatura da água que será medida através do sensor PT-100 e do transdutor de saída 4-20 mA. O PT-100 mede de 0°C há 100°C, o transdutor de saída 4-20 mA é responsável por converter o sinal do sensor em corrente elétrica isso é se o sensor estiver indicando 0°C o transdutor irá enviar 4 mA, caso o PT-100 estiver indicando 100°C o transdutor irá enviar 20 mA, com isso o microcontrolador saber a temperatura da água do boiler. Nesse projeto foi utilizado 2 sensores PT-100, sendo um colocado na parte superior do boiler, dando assim o valor da temperatura da água na parte superior (T_s), e o outro colocado na parte inferior, dando assim o valor da temperatura da água na parte inferior (T_i), com esses valores foi obtido o valor médio da temperatura da água do boiler (V_mB), o V_mB é representado na equação 1.

$$V_mB = \frac{(T_s + T_i)}{2} \quad (01)$$

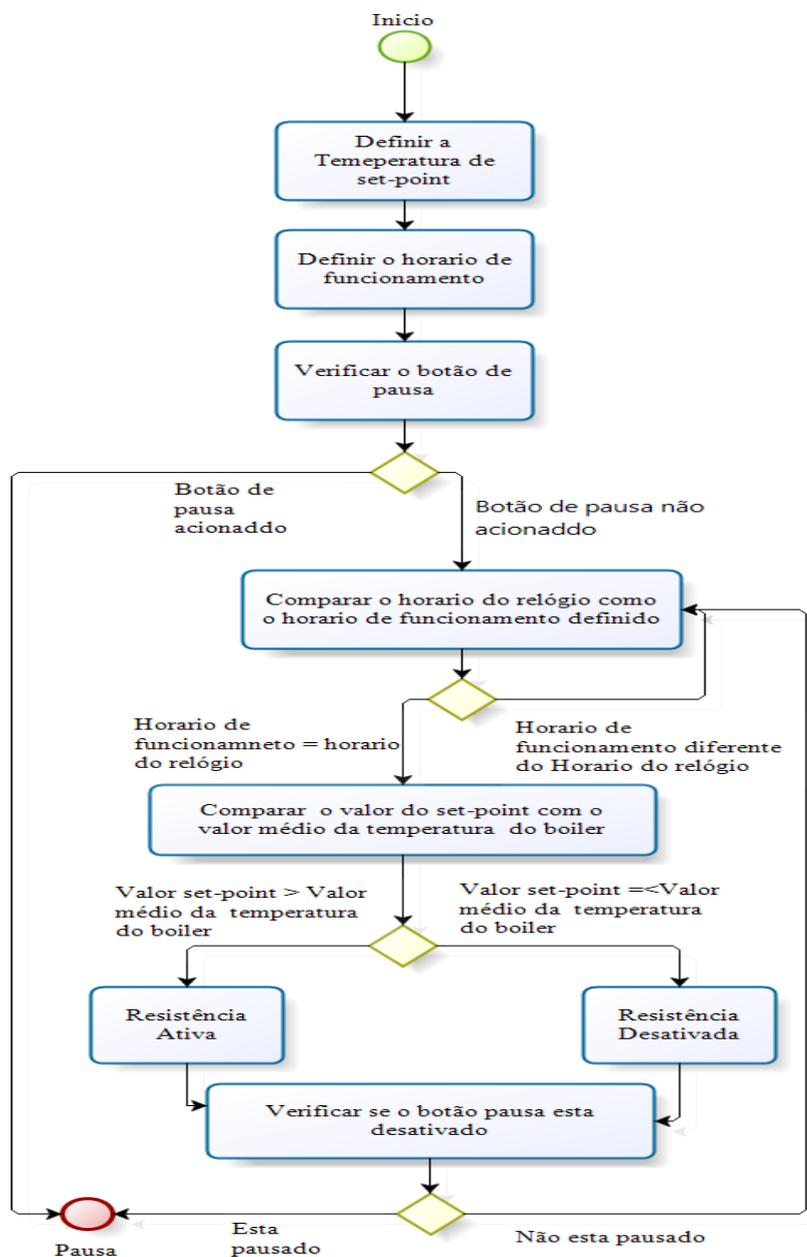
O microcontrolador utilizou o controle On/OFF para ligar a resistência do boiler. Quando o valor médio da temperatura da água for menor que o valor do *set-point*, a resistência será ligada e a água irá começar a aumentar sua temperatura, mas se o valor médio da temperatura da água for maior ou igual que o valor do *set-point*, a resistência será desligada e a água estará na temperatura desejada pelo consumidor.

Foi utilizado uma tela LCD para que o usuário possa saber se a temperatura da água do boiler atingiu o desejado. O teclado ou os botões servem para definir os dados do *set-point* desejado pelo consumidor. Tanto o teclado ou os botões quanto a tela LCD fazem parte da interação homem maquina (IHM).

O fluxograma da Figura 6 representa como irá funcionar a programação do microcontrolador, quando o microcontrolador é ligado, ele irá pedir para o usuário definir a

temperatura da água desejada (*set-point*). Com esse valor de *set-point* definido irá ser comparado com o VmB, caso seja maior o microcontrolador irá ativar a resistência e irá comparar os valores do *set-point* e do VmB novamente, caso seja maior o microcontrolador irá ativar a resistência formando assim um *loop* até que a temperatura da água do boiler seja igual ou maior que a temperatura do *set-point*, quando isso ocorrer a resistência será desativada voltando assim para a comparação dos valores de *set-point* e do VmB, formando assim um *loop* para sempre verificar a temperatura da água do boiler.

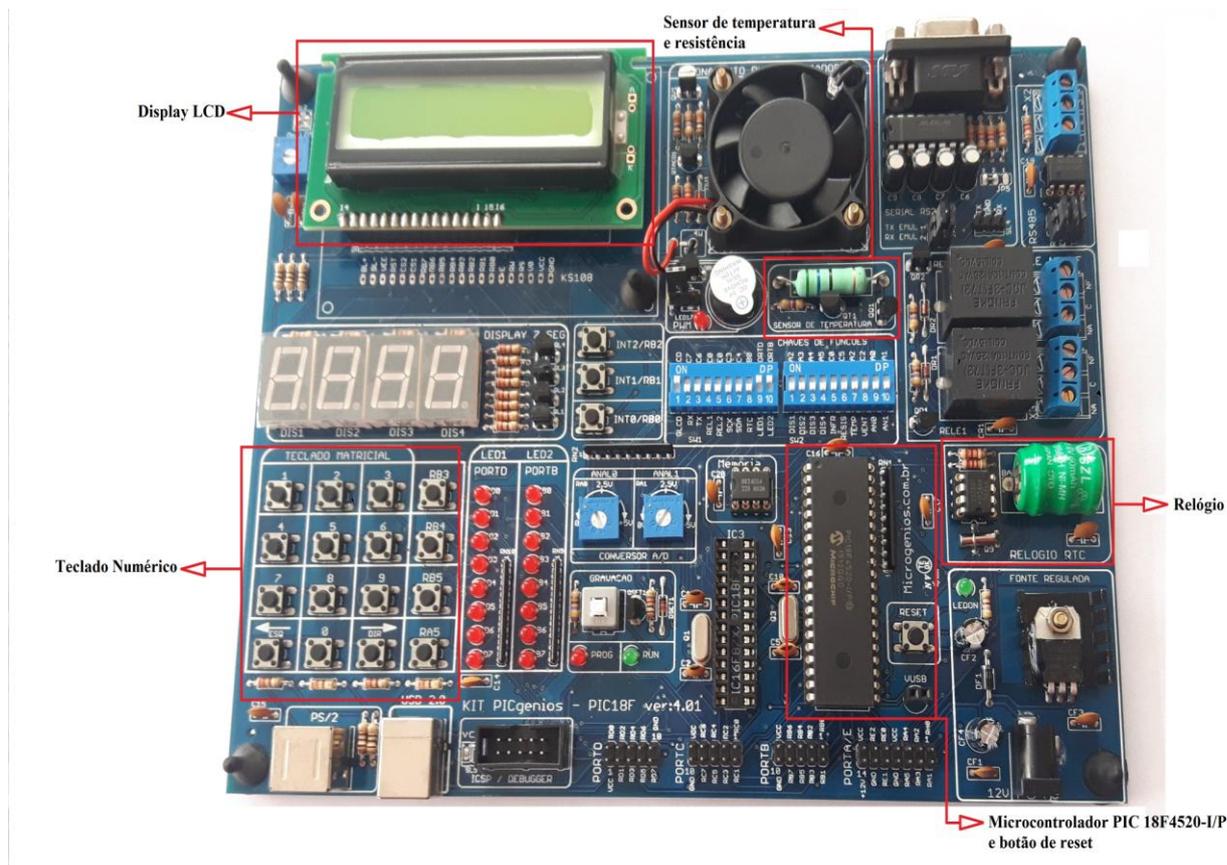
Figura 6- Fluxograma da programação



Fonte : próprio autor

Devido a implementação do sistema ser custosa, para validar o projeto proposto e a lógica de controle, foi feito uma simulação na placa do kit PICgenios - PIC18F ver:4.01, destacando alguns pontos importantes, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Placa do kit PICgenios - PIC18F ver:4.01



Fonte: próprio autor

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que devido ao usuário não ter a necessidade de ir ligar o disjuntor para que o boiler aqueça a água, irá ter um aumentando do conforto do usuário, também devido ao *set-point* irá ocorrer uma redução do gasto da energia elétrica devido ao controle de temperatura, que irá comparar a temperatura da água do boiler com o *set-point* com isso ao atingir a temperatura de *set-point* a resistência irá ser desligada e também o usuário irá ter água quente sempre que precisar.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. H. **Projeto e análise da viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos no setor industrial.** Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em

MAURICIO, Rodolfo H. F. **Proposta para automação da resistência do boiler de um sistema de aquecimento solar em situação de baixa luminosidade.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Araraquara, 2018.

<<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-13012017-100902/>>. Acessado em: 18 jun. 2017.

ARRUDA, L. B. **Operação de sistemas de aquecimento solar de água com controle de vazões em coletores planos.** Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-29092004-145949/pt-br.php>> Acessado em: 18 jun. 2017.

CASSARES, M. A. R. **Avaliação operacional de sistemas fotovoltaicos com seguimento solar: sistemas com e sem concentração.** Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-01032017-170035/pt-br.php>>. Acessado em: 18 jun. 2017.

GHIZZI, R. B. **Sistema automatizado de irrigação residencial com reciclagem de água pluviais.** Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/182500/tce-07022017-162311/>>. Acessado em: 18 jun. 2017.

GREENPRO. **Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projeto e Instalações.** União Europeia: ALTENER, 2004.

OGATA, K. **Introdução aos Sistemas de Controle.** In: Engenharia de Controle Moderno. 3^a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

PORTAL SOLAR. **Sistema de aquecimento solar.** Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/sistema-de-aquecimento-solar.html>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

SOLETROL aquecedores solares de água. **O que é e como funciona o Aquecedor Solar de Água Soletrol - Como a água é aquecida pelo sol.** Disponível em <<http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acesso em: 18 jun. 2017.