

PROGRAMAÇÃO DE SISTEMAS EMBARCADOS
ALUNO: RAPHAEL DIEGO COMESANHA E SILVA
PROJETO: SISTEMA DE APOIO POR TEMPORIZAÇÃO
DE AQUECEDORES DE ÁGUA (SATA)

OBJETIVO

Esse projeto apresenta a elaboração de um sistema de apoio para redução de consumo de energia elétrica de sistemas de aquecedores elétricos de piscina através de acionamento temporizado. Tal sistema está disponível em duas versões: a 1.0 sem comunicação e registro de dados, e a 2.0 com comunicação e registro de dados.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA A SER MELHORADO

O sistema onde será implementado o aperfeiçoamento é composto pelos seguintes componentes e equipamentos:

1. Monitoramento por termostato e ajuste da temperatura da água da piscina através do painel de controle.
2. Medição de nível para intertravamento do acionamento do sistema com um determinado nível mínimo de água da piscina.
3. Aquecedor para Hidromassagem:
 - a. Modelo Maxxi Light;
 - b. Tensão Nominal: 220 CA;
 - c. Corrente Nominal: 36 A
 - d. Câmara de aquecimento de água com enchimento em 10 segundos a uma pressão de entrada de 1 mca.
 - e. Tempo de resfriamento da resistência do aquecedor de 30 segundos a uma pressão de entrada de 1 mca.
4. Motobomba monofásica de 220 V, 1,5 CV, vazão nominal de 10 l/min e 1 mca de pressão.
5. Proteção e Acionamento
 - a. Disjuntor do Aquecedor : 50 A.
 - b. Disjuntor da motobomba: 10 A.
 - c. Chave Contatora monofásica de 15 A.

O comando da motobomba e do aquecedor é controlado pelo painel de controle a fim de manter a temperatura adequada da água, possibilitando acesso às conexões de alimentação de ambos pela caixa de conexões do aquecedor. Os detalhes de conexão da instalação são mostrados na figura 1.

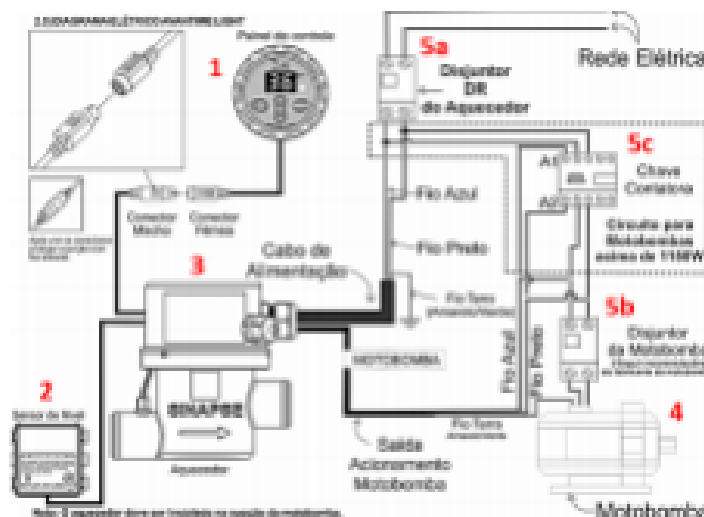


Figura 1 – Esquema do diagrama elétrico de instalação do sistema.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA A SER IMPLEMENTADO

Implementar uma função de temporização para manter a utilização do sistema de aquecimento apenas quando a piscina estiver sendo utilizada.

• ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

O Sistema de Apoio por Temporização de Aquecedores de Água (SATA) evitará gasto de energia no aquecimento da piscina, quando não estiver sendo utilizada. Para isso, deve-se desligar o aquecimento após um determinado tempo, previamente programado e reprogramável. A programação do tempo deve ser realizada quando habilitado o modo de “Programação” e o funcionamento do sistema é executado quando habilitado o modo “Operação”. Deverá contar com um dispositivo de acionamento para reiniciar a temporização e o acionamento do conjunto aquecedor e motobomba, quando o usuário for utilizar a piscina ou enquanto estiver utilizando. Um programa de proteção da resistência do aquecedor deve ligá-la somente após a garantia de que seu reservatório de água está completamente cheio (10 segundos a pressão de 1 mca), e desligar a motobomba após o total resfriamento da resistência (30 segundos de contato com a água a pressão de 1 mca). Adicionalmente, deve possuir um dispositivo sonoro para alertar a aproximação do final da temporização, um indicador de aquecedor e motobomba ligados no modo temporizado e um indicador de tempo decorrido. Tal tempo pode ser programado para quatro valores diferentes, dependendo da utilização da piscina (20, 40, 60 ou 80 minutos).

Na versão 2.0 o SATA dispõe de um registro de eventos específicos de acionamento sem energização, acionamento antes do fim da temporização e desligamento por finalização do tempo. Além disso, conta com uma comunicação com acesso restrito para aquisição dos eventos registrados via porta serial/USB.

Para a elaboração do SATA será necessário atender alguns requisitos.

• REQUISITOS FUNCIONAIS

- o Capaz de temporizar o acionamento de uma motobomba acoplada a um aquecedor de água.
- o Inicializar junto com o Sinapse em modo de operação e habilitar o funcionamento da bomba, do aquecedor e do temporizador.
- o Ativar a temporização após o acionamento do botão específico para tal. o Possibilitar programação do tempo de permanência do aquecimento da água por pessoa autorizada para os seguintes valores preestabelecidos 20, 40, 60 e 80 minutos.
- o Desligar automaticamente o aquecedor e a motobomba quando finalizar a temporização.
- o Possibilitar reinicialização da temporização e relacionamento do aquecedor e motobomba durante a temporização ou após finalizada.
- o Indicar o estado ligado e desligado do aquecedor e motobomba.
- o Sinalizar sonoramente a aproximação da finalização da temporização. o Indicar a passagem do tempo por redução da quantidade de LEDs acesos na barra de LED 's.
- o Habilitar acionamento do aquecedor e da motobomba de forma independente.
- o Conter 3 entradas:
 - Inicialização/Reinicialização da temporização do sistema (sinal de 1 bit).
 - Habilitar modo Programação/Operação (sinal de 1 bit).

- Programação de tempo (sinal de 2 bits).

o Conter 5 saídas:

- Indicação de estado ligado ou desligado do aquecimento temporizado (sinal de 1 bit).
- Indicação sonora de aproximação do fim da temporização (Sinal de 1 bit).
- Acionamento do aquecedor (sinal de 1 bit).
- Acionamento motobomba (sinal de 1 bit).
- Indicação do tempo decorrido (sinal de 10 bits)

o O aquecedor só poderá ser ligado após 10 segundos do acionamento da motobomba.

o O aquecedor tem que ser desligado 30 segundos antes do desligamento da motobomba.

Na versão 2.0 são implementados os requisitos adicionais abaixo:

o Registro dos eventos abaixo através de estrutura de dados.

- Desligamento do sistema por finalização da contagem do tempo. ▪ Acionamento do botão de reinício de temporização com o sistema desenergizado.
- Acionamento do botão de reinício de temporização antes da finalização da contagem do tempo.
- Deve constar no registro de cada evento:
 - a. ID do controlador;
 - b. Data e hora da ocorrência do evento.

o Transmissão do log via comunicação serial UART para computador hospedeiro via solicitação a qualquer momento.

o Disponibilizar entrada de comunicação serial/USB com acesso restrito a pessoas autorizadas.

● REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

o O produto precisa ter preço de custo de no máximo R\$ 400,00 para ser competitivo frente aos produtos similares presentes no mercado, como os dos links abaixo:

- [Timer Para Automação De Piscinas, Bombas E Sirenes – R\\$ 380,00](#)
- [Temporizador Timer Digital Bomba De Piscina Até 3cv – R\\$ 329,00](#)
- [Timer para Automação de Piscinas / Bombas / Sirenes – R\\$ 206,00](#)
- [Programador De Horário Para Bombas De Piscinas Até 3,0 C.v. – R\\$ 418,00](#)

o O consumo de energia máximo deve ser de 500 mAh

o As dimensões devem ser : 15 x 15 x 10 (C x L x A), para se adequar a instalação existente do sistema Sinapse.

o Deve possuir Grau de Proteção IP44 que protege contra jatos de água em qualquer direção e impede a inserção de ferramentas ou objetos a partir de 1mm.

- Esse requisito impede danos por vazamento do sistema operando sob pressão e impossibilita a intervenção do usuário com objetos e ferramentas inadequadas.

A arquitetura do SATA está representada a partir da figura 2 com o diagrama de blocos do sistema.

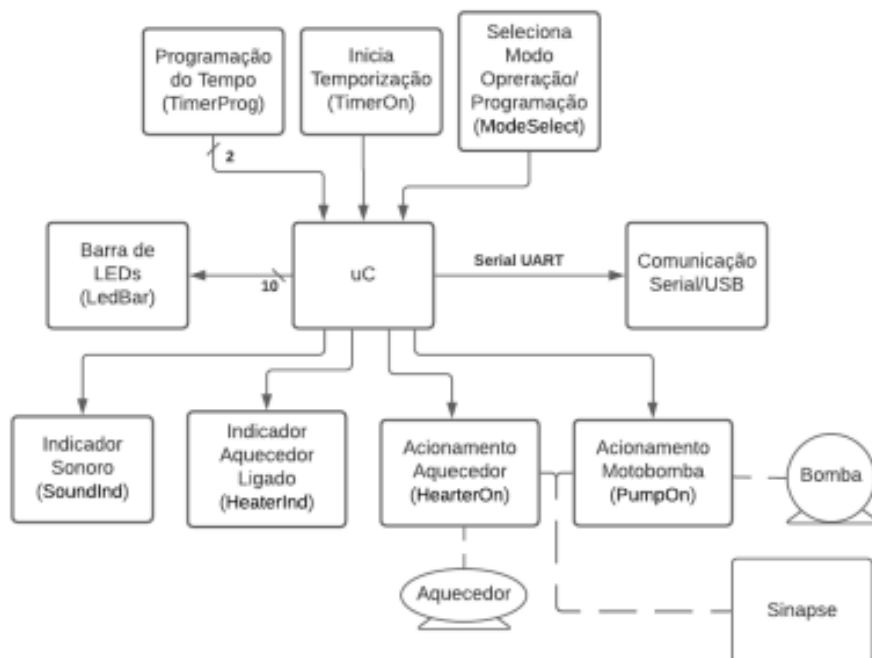


Figura 2 – Diagrama de Blocos do SATA

A partir do diagrama de blocos do SATA que demonstra a conexão e o fluxo de dados do sistema, pode-se listar as ações inerentes a ele.

1. Inicialização do SATA junto com o Sinapse:
 - a. Configurar portas de entrada, porta de saída e temporização.
 - b. Mantém habilitado o aquecedor (**HearterOn**) e a motobomba (**PumpOn**), para pleno funcionamento do sistema Sinapse.
 - c. Ativa o modo “Operação” (**ModeSelect = 0**) e aguarda acionamento da temporização (**TimerOn**).
 - d. Aguarda a seleção do modo de “Programação” (**ModeSelect = 1**).
2. Ao acionar a temporização (**TimerOn**) no modo “Operação”:
 - a. Acende todos os LEDs da Barra de LEDs (**LedBar**), que são apagados um LED de cada vez de acordo com a temporização selecionanda.
 - b. Ativa o indicador de aquecedor e motobomba temporizados ligados (**HeaterInd**).
 - c. Inicializa e ativa a temporização.
 - d. Mantém acionados o aquecedor (**HearterOn**) e a motobomba (**PumpOn**) durante a temporização.
 - e. Faltando 60 segundos para finalizar a temporização, ativa o indicador sonoro (**SoundInd**) por 1 segundo.
 - f. Findada a temporização, desabilita o aquecedor (**HearterOn**), a motobomba (**PumpOn**), desativa o indicador do aquecedor e motobomba temporizados (**HeaterInd**) e aguarda acionamento da temporização (**TimerOn**).
 - g. Aguarda a seleção do modo de “Programação” (**ModeSelect = 1**).
3. Se o temporizador for acionado (**TimerOn**) enquanto executa a temporização:
 - a. Reinicializa a temporização.
4. Com o modo “Programação” habilitado (**ModeSelect = 1**):
 - a. Aguarda a seleção do tempo na entrada “Programação do Tempo” (**TimerProg**) e configurar o temporizador conforme a entrada.
 - b. Aguarda a seleção do modo de “Operação” (**ModeSelect = 0**).

Na a versão 2.0 será adicionada as seguintes ações:

5. Registro dos eventos contendo data, hora e ID do controlador.
 - a. Desligamento do sistema por finalização da contagem do tempo.
 - b. Acionamento do botão de reinício de temporização com o sistema desenergizado.
 - c. Acionamento do botão de reinício de temporização antes da finalização da contagem do tempo.
6. Recepção de requisição de informação do log e envio de dados através de comunicação serial UART implementada no controlador em modo “Programação”.
7. Envio de requisição de informação do log e recepção de dados através de comunicação serial UART implementada no hospedeiro.
8. Consulta no log do hospedeiro contendo os seguintes filtros:
 - a. Listar todos os eventos ocorridos em um intervalo de datas específico; b. Informar o tempo total no formato horas e minutos de manutenção do aquecedor acionado, em um intervalo de datas específico;
 - c. Apresentar o período do dia com maior tempo de utilização do sistema.

Frente às ações listadas, pode-se identificar os estados de funcionamento do SATA.

• Estados de Operação do SATA.

- o Son – Sistema inicializa e aguarda acionamento do temporizador. o
- o STimer – Sistema com temporização em curso.
- o SProg – Sistema em modo “Programação”
- o SReset – Sistema reinicializa a temporização.
- o SReg – Sistema registra os eventos.

A relação entre os estados identificados, as entradas e as saídas pode ser elucidada na tabela 1.

Tabela 1 – Tabela de Estados do SATA

ESTADO ATUAL	ENTRADA			
	Nada	TimerOn	ModSelOp	ModSelPr
Son	Son, HeaterOn, PumpOn.	STimer, HeaterOn , PumpOn, HeaterId, SoundInd , LedBar.	Son, HeaterOn, PumpOn.	SProg
STimer	STimer, HeaterOn, PumpOn, HeaterId, SoundInd, LedBar.	SReset	STimer, HeaterOn, PumpOn, HeaterInd, SoundInd, LedBar.	SProg
SProg	SProg	SProg	Son, HeaterOn, PumpOn.	SProg
SReset	SReset	SReset	SReset	SReset

SReg	Sreg	Sreg	Sreg	Sreg
------	------	------	------	------

A partir da tabela de estados pode-se elaborar o diagrama de transição de estados para melhor evidenciamento da relação dos estados, com o acionamento das entradas e a produção das saídas (figura 3).

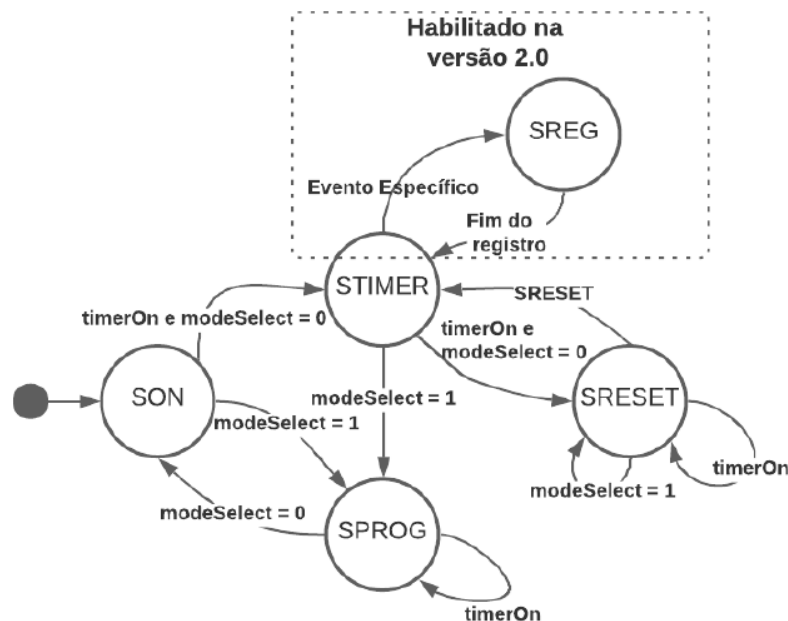


Figura 3 – Diagrama de Transição de Estados do SATA

Para a devida elaboração do *software* de implementação do sistema de forma flexível e o mais modular possível para as mais diversas arquitetura disponíveis, utilizou-se a programação orientada a objetos com classes desenvolvidas conforme o diagrama da figura 4.

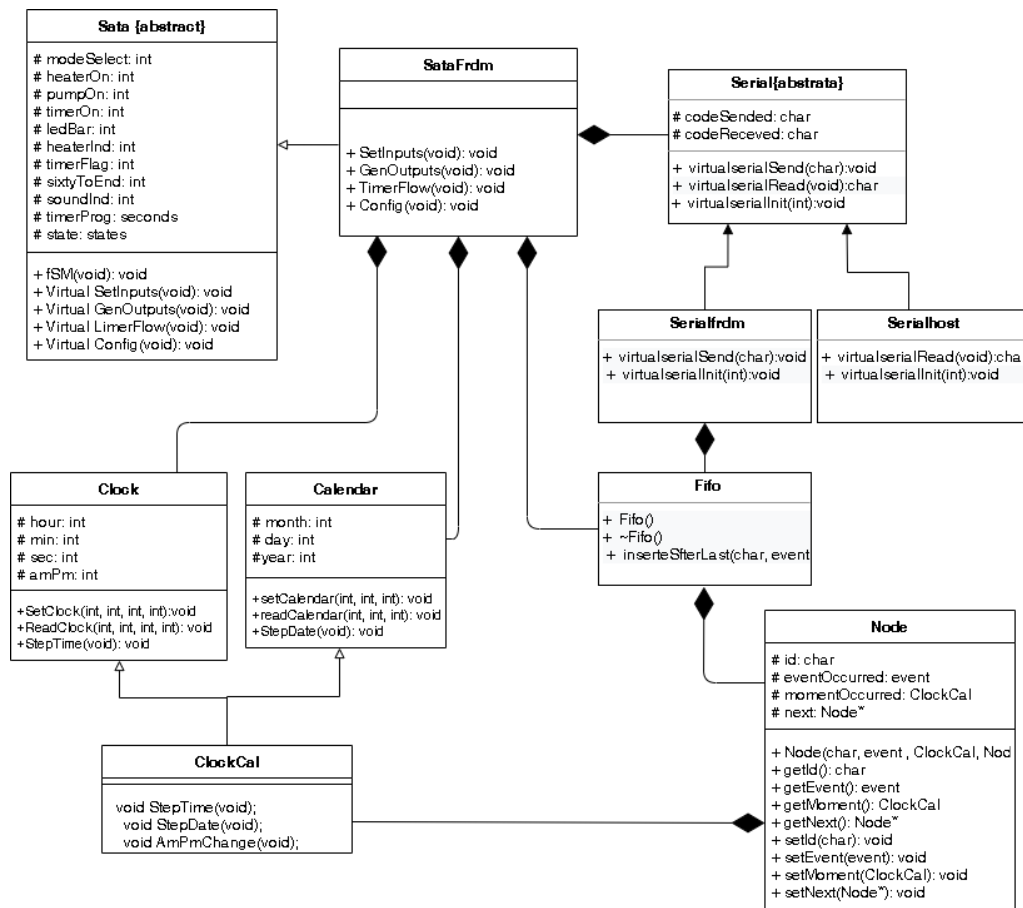
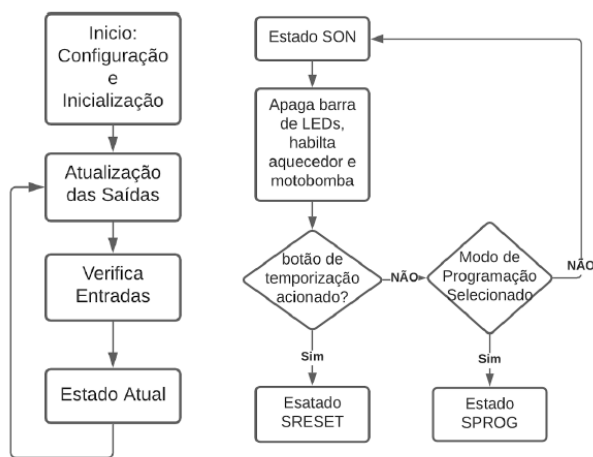


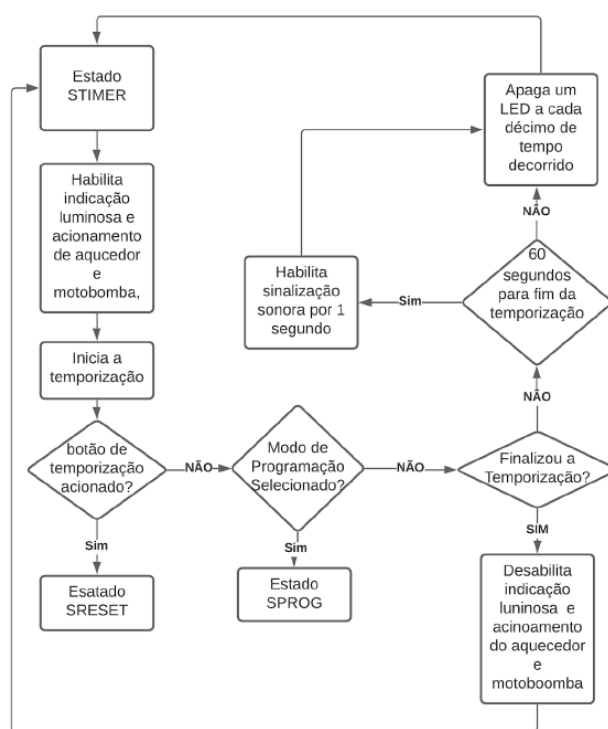
Figura 4 – Diagrama de Classes do SATA

Esse diagrama representa a implementação completa da versão 2.0.

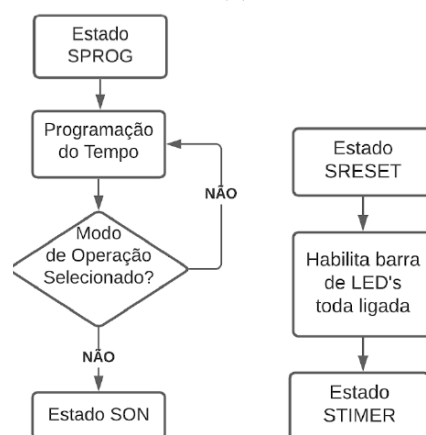
O fluxograma da lógica funcional do programa do SATA pode ser observado na figura 5. Nele é possível identificar a execução do programa principal e de cada estado.



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Fluxograma do código do SATA a) principal e estado SON, b) estado STIMER e c) estados SPROG e SRESET

Na versão 2.0 do SATA a implementação da transmissão e recepção de dados (estado SREG) se dará através da comunicação serial UART entre computador e microcontrolador, que pode ser melhor ilustrado no diagrama de sequência da figura 6.

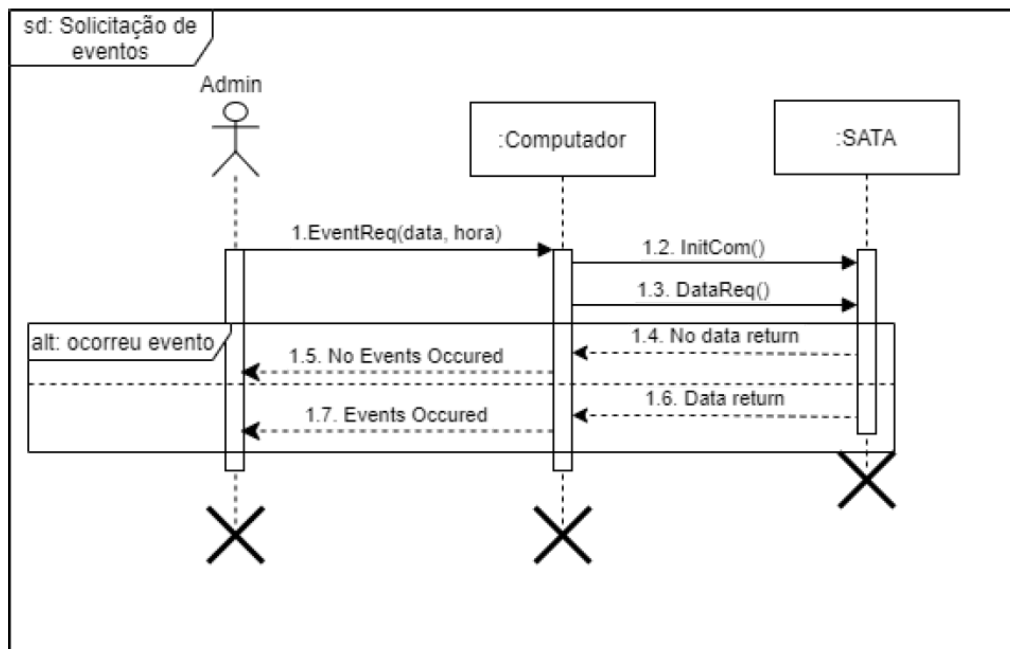


Figura 6 – Comunicação Usuário/Computador/SATA

Para a devida execução do código para o SATA foram definidas variáveis em nível lógico da seguinte forma:

Tabela 2 – níveis lógicos das entradas e saídas da operação e programação

VARIÁVEL	NÍVEL LÓGICO PARA LIGADO	NÍVEL LÓGICO PARA DESLIGADO
TimerOn	1	0
ModSelOp	1	0
ModSelPr	1	0
HeaterInd	1	0
SoundInd	1	0
HearterOn	0	1
PumpOn	0	1
TimerProg	BIT2(MSB)	BIT1(LSB)
20 MINUTOS	0	0
40 MINUTOS	0	1
60 MINUTOS	1	0
80 MINUTOS	1	1

A implementação do *mock-up* (prototipagem) será desenvolvida na placa da NXP FRDM KL46Z (figura 7) por estar disponível, possibilitar a avaliação do código e possuir os periféricos adequados à avaliação da operação do sistema.



Figura 7 – Paraca FRDM KL46Z

As características e as documentações dessa placa podem ser adquiridas em:

· <https://www.nxp.com/design/development-boards/freedom-development-boards/mcu-boards/freedom-development-platform-for-kinetis-kl3x-and-kl4x-mcus:FRDM-KL46Z>

A fim de concretizar os requisitos funcionais e não funcionais para plena operação do SATA, são sugeridos diversos componentes e equipamentos listados a seguir.

- Dispositivo de processamento
 - o Microcontrolador MKL46Z256VLL4 – R\$ 35,00.
- Dispositivos de entrada
 - o Reinicialização da temporização e acionamento – 1 Botão sem Trava à Prova d'água 12mm – R\$ 5,90.



- o Seleção do modo de operação e programação do tempo – 1 Chaves Seletora Dip de 3 vias – R\$ 1,33.



- Dispositivos de saída
 - o Indicação de tempo decorrido – 11 Módulo de Display Gráfico de Barras 8 Segmentos Barras de Luz Ultra Brilhante Vermelho - 20x10x8mm – R\$ 72,00.



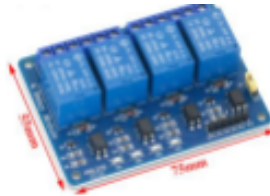
- o Indicação sonora – 1 Buzzer Passivo Piezoelétrico De Alta Potência - At3040 – R\$ 14,99.



- o Acionamento da barra de LEDs – 1 placa do módulo de relé 8 canais de 5 V-5mA/30 V-10A – R\$ 13,96.



o Acionamento da barra de LEDs, e Indicadores luminoso e sonoro - 1 placa do módulo de relé 4 canais de 5 v – R\$ 15,17.



o Relés eletromecânicos para acionamentos aquecedor e motobomba – 2 Reles 12v/40a 5 Terminais Universal - Arpe Ra 1512s – R\$ 22,00



- Dispositivos de conexão e suporte
 - o Entrada e saída da PCI do SATA e dos Dispositivos – 20 conectores de terminal PCB com duas vias – R\$ 48,00.



o 3 metros Cabo Flat 10 Vias Colorido 26 AWG – R\$ 20,00

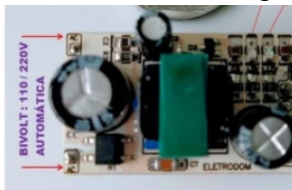


o 3 metros de Cabos 2,5 mm² e 6 mm² - R\$ 35,00
o 3 Placas de Circuito Impresso 7x10 cm – R\$ 10,00.

- Dispositivos de comunicação (Versão 2.0)
 - o Comunicação Serial - Módulo Conversor Usb Rs232 TTL Serial PI2303hx – R\$ 15,10.



- Dispositivos de alimentação
 - o Alimentação dos circuitos e atuadores - Módulo Mini Fonte,



O valor de custo estimado do material para construção e montagem do SATA totaliza R\$ 320,25 para a versão sem comunicação e R\$ 335,35 com comunicação.

A interligação do SATA ao sistema Sinapse será realizada com a conexão em série dos relés de acionamento do aquecedor e da motobomba no cabo de fase de ambos, com o intuito de fechar e abrir o circuito para habilitação ou não do acionamento pelo painel de controle do Sinapse, para interferir minimamente na operação do sistema melhorado.