INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

GUSTAVO CONSTANTE

Sensoriamento remoto das colmeias de abelhas

São José - SC

Maio/2019

RESUMO

Ter acesso a informações de uma colmeia de abelhas de forma não invasiva, com precisão, baixo consumo de energia e garantir a mobilidade da colmeia é o principal desafio de um sistema de sensoriamento remoto de colmeias de abelhas. As tecnologias associadas a Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* (IoT)) podem apresentar uma solução para este problema, desta forma gera-se uma base de dados que pode ser analisada e tomada ações para beneficio da apicultura. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um *hardware* com baixo consumo de energia, utilizando painel solar, visando minimizar os componentes como bateria e painel fotovoltaico. Como consequência espera-se conseguir uma maior facilidade na mobilidade no manejo das colmeias, simplificar a instalação e redução nos custos do sistema de monitoramento.

Palavras-chave: Sensoriamento. Consumo energético. Sistema de processamento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Blocos de um microcontrolador 15
Figura 2 – Circuitos periféricos ativos em *sleep-mode* do AVR ATtiny406 16
Figura 3 – Sinais analógicos sendo convertidos para digitais 17
Figura 4 – Quadro do protocolo *USART*, comunicação assíncrona 17
Figura 5 – Quadro do protocolo *I2C* 18
Figura 6 – Comunicação *SPI* 18
Figura 7 – Tipos de vias em circuitos impressos: Via(1), *blind* via(2) e *burried* via(3) 20
Figura 8 – Agrupamento dos componentes por funcionalidade 21
Figura 9 – Emprego de poligonos no roteamento de trilhas 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre trabalhos e produtos existentes 13
Tabela 2 – Distância entre tilhas de acordo com a diferença de potencial aplicada 20
Tabela 3 – Cronograma das atividades previstas 24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT *Internet of Things* 1

GPRS *General Packet Radio Services* 13

CPU *Central Process Unit* 15

I2C *Inter-Integrated Circuit* 17

SDA *Serial Data* 17

SCK *Serial Clock* 17

SPI *Serial Peripheral Interface* 18

MOSI *Master Output Slave Input* 18

MISO *Master Input Slave Output* 18

SS *Slave Select* 18

SCK *Serial Clock* 17

USART *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter* 17

ADC *Analog-to-Digital Converter* 16

RTC *Real-Time Clock* 19

ISM *Industrial Scientific and Medical* 19

PCB *Printed Circuit Board* 19

EMC compatibilidade eletromagnética 20

EMI interferência eletromagnética 20

LISTA DE SÍMBOLOS

V_{DD}	Tensão de alimentação da fonte
I_D	Corrente de dreno de um transistor
GND	Referência de terra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO . . . 13

2 FUNDAMENTAÇÃO . . . 15
2.1 Microcontroladores . . . 15
2.1.1 Consumo de potência . . . 15
2.1.2 Modos de operação de baixo consumo . . . 16
2.2 Interfaces . . . 16
2.2.1 Portas analógicas e digitais . . . 16
2.2.2 Comunicações seriais . . . 17
2.2.2.1 Protocolo *USART* . . . 17
2.2.2.2 Protocolo *I2C* . . . 17
2.2.2.3 Protocolo *SPI* . . . 18
2.3 Periféricos . . . 18
2.3.1 Sensor de temperatura e umidade . . . 18
2.3.2 Sensor de iluminância . . . 19
2.3.3 Sensor de peso . . . 19
2.3.4 Relógio de tempo real . . . 19
2.3.5 Sensor de corrente, tensão e potência . . . 19
2.3.6 Transceiver LoRa . . . 19
2.4 Placas de circuito impresso . . . 19
2.4.1 Camadas, vias, trilhas e ilhas . . . 19
2.4.2 Roteamento . . . 20

3 PROPOSTA DE TRABALHO . . . 23
3.1 Metodologia . . . 23
3.1.1 Levantamento de requisitos . . . 23
3.1.2 Estudo dos componentes de hardware do projeto . . . 23
3.1.3 Escolha das ferramentas de desenvolvimento . . . 23
3.1.4 Desenvolvimento do protótipo . . . 23
3.1.5 Validação e testes . . . 23
3.2 Cronograma . . . 24

REFERÊNCIAS . . . 25

1 INTRODUÇÃO

O mel é considerado o produto apícola mais fácil de ser explorado, sendo também o mais conhecido e aquele com maiores possibilidades de comercialização. Além de ser um alimento, é também utilizado em indústrias farmacêuticas e cosméticas, pelas suas conhecidas ações terapêuticas(FREITAS et al., 2014).

Com a evolução da tecnologia, o produtor ter uma ferramenta para tornar a atividade apícola cada vez mais rentável é bem vinda. Utilizar a tecnologia aliada a produção na apicultura não é uma prática nova, como pode-se observar em alguns trabalhos já realizados e produtos existentes no mercado.

Jesus (2017) criou um sistema de monitoração remoto com atuadores para ajuste da temperatura interna das colmeias, baseado no controlador ESP-12E, que possui um módulo *wireless* ESP8266[1] integrado, para realizar a leitura dos sensores e acionar os atuadores.

Em outro trabalho, Kridi (2014) realizou o sensoriamento da temperatura interna das colmeias de abelhas, para monitorar a temperatura na qual ocorre a enxameação, utilizando um microcontrolador ATMega328[2] e um módulo XBee - PRO 900HP[3] para enviar os dados para um servidor remoto.

Também existem sistemas que oferecem comunicação cabeada, como o proposto por Dutra (2016), o `Beehiveior` faz o sensoriamento de umidade e temperatura, utilizando um microcontrolador ATMega328 e envia os dados para um sistema de monitoramento remoto via uma conexão *ethernet*.

No mercado mundial, também existem produtos tais como o, Arnia (2014) que monitora variáveis como umidade, temperatura, peso, acústica e pluviômetro. Também possui uma interface amigável no servidor, onde além de monitorar, pode-se criar alertas para envio de mensagens de texto ou e-mail cadastrados. Esse produto oferece como opções de transmissão dos dados o *General Packet Radio Services* (GPRS) ou modem via satélite para enviar as informações ao servidor.

Enviar as informações de umidade, temperatura e acústica da colmeia via rede *wireless*, é a proposta de Pollenity (2019). Possui uma plataforma fechada semelhante ao Arnia (2014) e *hardware* não informado pelo fabricante.

Tabela 1 – Comparação entre trabalhos e produtos existentes

Produto	**Variáveis Monitoradas**	**Conectividade**
Jesus	temperatura e umidade	WiFi
Kridi	temperatura	ZigBee
Beehiveior	temperatura e umidade	Ethernet
ARNIA	temperatura, umidade, peso, acústica e pluviometro	GPRS ou satélite
Pollenity	temperatura, umidade e acústica	WiFi

A tabela Tabela 1 apresenta que as soluções acadêmicas e produtos no mercado consistem em monitorar métricas bem conhecidas e que impactam diretamente no bem-estar da colmeia, como temperatura e umidade. A convergência para tecnologias sem-fio é na maioria dos casos uma necessidade pelo fator da localização das colmeias serem em regiões de difícil acesso para instalação de sistemas fotovoltaicos *off-grid*, que são sistemas de alimentação isolados ou autônomos.

Em relação as soluções anteriormente analisadas, pode-se perceber que quase todas transmitem

[1] https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp-wroom-02/overview
[2] https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328
[3] https://www.digi.com/products/embedded-systems/rf-modules/sub-1-ghz-modules/xbee-pro-900hp

a informação usando alguma tecnologia sem fio, e também a maioria é alimentada por energia da rede comercial ou baterias eletroquímicas. A bateria normalmente visa dar uma autonomia ao sistema quando há falta de energia. Por outro lado esse modelo de alimentação dificulta o deslocamento das colmeias para novas localizações.

O objetivo deste trabalho, é desenvolver uma placa de circuito impresso para utilizar um processador com baixo consumo energético em *sleep-mode*, contendo as conexões das interfaces que serão utilizadas para os periféricos de sensoriamento do sistema e módulo de transmissão *LoRa*, que viabilize a utilização de componentes compactos para alimentação como bateria e painel fotovoltaico, garantindo também a mobilidade e boa cobertura com uma tecnologia de transmissão de baixa potência e longo alcance.

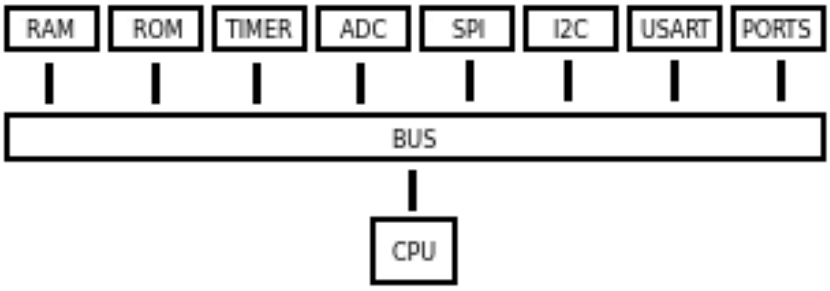
Este trabalho esta organizado em três capítulos. O primeiro apresenta a introdução. No segundo é apresentado a fundamentação teórica que embasa este trabalho. O terceiro apresenta a proposta de etapas do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 Microcontroladores

Microcontroladores são circuitos integrados que possuem em seu encapsulamento, além da Unidade de Processamento Central (do inglês, *Central Process Unit* (CPU)), todos os periféricos necessários para realizar uma aplicação. Os periféricos inclusos em cada microcontrolador podem variar, porém, os mais comuns são memórias, barramentos, temporizadores, portas de comunicação, conversores de sinal analógico em digital entre outros (ANDRADE, 2010). Na Figura 1 é apresentado, de forma simplificada, o diagrama de blocos com alguns periféricos de um microcontrolador.

Figura 1 – Blocos de um microcontrolador



FONTE: Próprio autor

2.1.1 Consumo de potência

De acordo com Pedroni (2010), o consumo de potência pode ser separado em estático e dinâmico. A potência consumida no circuito em repouso, ou seja, quando não há transições de *clock* chamamos de estática, enquanto a potência dinâmica é consumida ao se trocar dados pelo circuito a cada transição positiva ou negativa dos sinais. Como os sinais são sincronos com o clock, então fica associado as mudanças do sinal de clock. Estas duas situações geram a potência total (P_T):

$$P_T = P_{estática} + P_{dinâmica}, \tag{2.1}$$

na qual,

$$P_{estática} = V_{DD} * I_D, \tag{2.2}$$

e

$$P_{dinâmica} = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)i(t) = \frac{1}{T}\int_0^T V_{DD}i(t)dt = \frac{V_{DD}}{T}\int_0^T i(t)dt = \frac{V_{DD}}{T}C_L V_{DD} \tag{2.3}$$

$$P_{dinâmica} = C_L V_{DD}^2 f. \tag{2.4}$$

A parcela de potência estática em sistemas digitais é normalmente desprezível. Por outro lado, a potência dinâmica é diretamente proporcional a tensão que se está alimentando o circuito e a frequência utilizada, conforme mostra a Equação 2.4. Por isso, projetos digitais tendem a cada vez utilizar tensões de alimentação mais baixas(PEDRONI, 2010).

Em sistemas digitais que garantem mobilidade e por isso são alimentados por baterias, como em sistemas celulares, o consumo de potência é um fator muito importante que limita o tempo de operação sem que a bateria seja recarregada. Em aplicações remotas cada vez mais o carregamento por painel solar esta sendo utilizado, prolongando o tempo de autonomia destes sistemas.

2.1.2 Modos de operação de baixo consumo

Os microcontroladores dispõe de mecanismos que visam minimizar o impacto da atividade das rotinas do microcontrolador na vida útil da bateria. Os chamados *sleep-modes*, possuem características que atendem aplicações diversas desativando circuitos dos microcontroladores que não estiverem sendo utilizadas e assim economizando energia.

Os principais modos de operação de processadores são: *normal*, *idle*, *standby* e *power-down*. No caso específico dos microcontroladores AVR da MICROCHIP, a Figura 2 mostra os periféricos que ficam ativos em cada modo de operação. Adicionalmente é possível desativar periféricos diretamente estando no modo normal, reduzindo ainda mais o consumo de potência do sistema (MICROCHIP, 2018).

Figura 2 – Circuitos periféricos ativos em *sleep-mode* do AVR ATtiny406

Group	Peripheral		Active in Sleep Mode		
		Clock	Idle	Standby	Power-Down
Active Clock Domain	CPU	CLK_CPU			
	Peripherals	CLK_PER	X		
	RTC	CLK_RTC	X	X*	
	ADC	CLK_PER	X	X*	
	PIT (RTC)	CLK_RTC	X	X	X
	WDT	CLK_WDT	X	X	X
Oscillators	Main Clock Source		X	X*	
	RTC Clock Source		X	X*	
	WDT Oscillator		X	X	X
Wake-Up Sources	INTn and Pin Change		X	X	X
	TWI Address Match		X	X	X
	Periodic Interrupt Timer		X	X	X
	UART Start-of-Frame		X	X*	
	ADC Window		X	X*	
	RTC Interrupt		X	X*	
	All other Interrupts		X		

FONTE: (MICROCHIP, 2018).

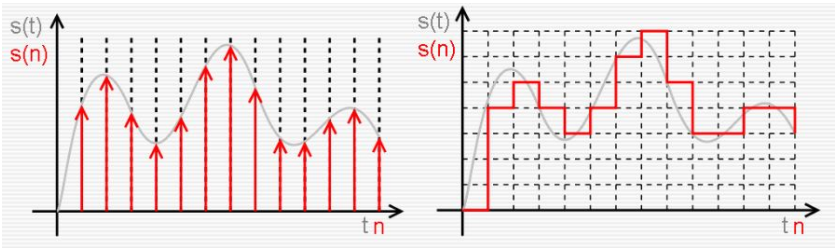
2.2 Interfaces

De acordo com Tocci (2003), conectar dispositivos de entrada e saída de um sistema que possuem características elétricas diferentes denomina-se interfaceamento. Sua função é condicionar os circuitos do acionador ao da carga e torna-lo compatível com os requisitos da mesma.

2.2.1 Portas analógicas e digitais

Tocci (2003) diz que sinais analógicos são grandezas físicas que variam com valores contínuos ao longo do tempo e sinais digitais são discretos, assumindo quantidades de níveis lógicos finitos como ilustra a Figura 3. Desta forma, para ser utilizado no mundo digital, deve-se converter o sinal analógico com um *Analog-to-Digital Converter* (ADC) tornando-o discreto.

Figura 3 – Sinais analógicos sendo convertidos para digitais



FONTE: (HORAK, 2010).

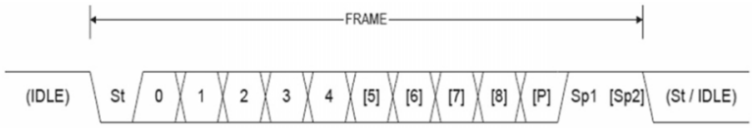
2.2.2 Comunicações seriais

Segundo Forouzan (2007), com apenas um condutor é possível realizar uma comunicação serial diminuindo o custo em relação a transmissão por n condutores paralelos. A comunicação serial pode ser realizada de forma assíncrona, e também síncrona. No modo assíncrono, quadros de n *bits* de dados, são precedidos pelo *start bit* e sucedido por 1 a 2 *stop bits*, conforme ilustra a Figura 4. Nas transmissões síncronas os bits de dados são transmitidos de maneira contínua, não havendo sinalização intermediaria, possibilitando assim uma maior taxa de transmissão.

2.2.2.1 Protocolo *USART*

De acordo com Lima (2012), o protocolo *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter* (USART) por possuir configuração flexível é amplamente utilizado em sistemas eletrônicos. Sua comunicação é *full-duplex* pois tem um circuito para transmissão e outro para recepção, suporta variar o tamanho do seu quadro entre cinco a nove *bits*, possui mecanismo de paridade por *hardware*, e controle de taxa de envio de dados.

Figura 4 – Quadro do protocolo *USART*, comunicação assíncrona



FONTE: (LIMA, 2012).

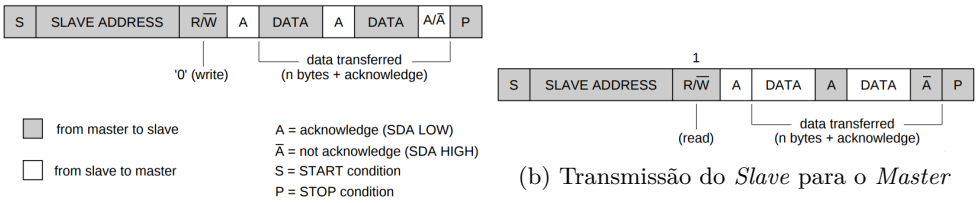
2.2.2.2 Protocolo *I2C*

O protocolo *Inter-Integrated Circuit* (I2C), implementa comunicação serial em dois fios, onde um é responsável por gerar o relógio para sincronismo também chamado de *Serial Clock* (SCK), e o *Serial Data* (SDA) que realiza a transmissão dos dados(NXP, 2014).

Por possuir apenas um fio de transferência de dados o I2C utiliza um comunicação *half-duplex*, ou seja, envia e recebe dados em momentos diferentes. E utiliza o modelo de *master-slave* para troca de mensagens, onde cada *slave* é identificado por um endereço único.

Na Figura 5, se observa os quadros que são transmitidos pelo protocolo I2C, pelo fato de possuir um campo de endereçamento, é possível utilizar múltiplos *slaves*, o tornando atrativo para implementações onde se tem um número limitado de *interfaces* de entrada e saída.

Figura 5 – Quadro do protocolo *I2C*



(a) Transmissão do *Master* para o *Slave*

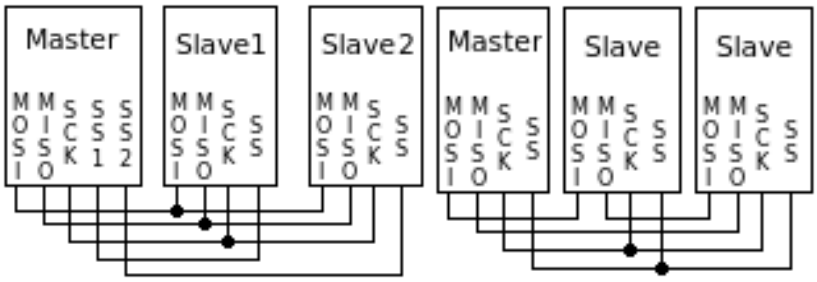
(b) Transmissão do *Slave* para o *Master*

FONTE: (NXP, 2014)

2.2.2.3 Protocolo *SPI*

O *Serial Peripheral Interface* (SPI), é um protocolo serial, síncrono, *full-duplex* que realiza a comunicação utilizando quatro fios, sendo o *Master Output Slave Input* (MOSI) onde se envia os dados do *master* para o *slave*, o *Master Input Slave Output* (MISO) do *slave* para o *master*, para prover a comunicação entre múltiplos *slaves* é utilizado o *Slave Select* (SS) como sinal de controle e a troca de dados é sincronizada pelo SCK (MOTOROLA, 2000).

Figura 6 – Comunicação *SPI*



(a) Transmissão em paralelo

(b) Transmissão em cascata

FONTE: Próprio autor

A Figura 6a apresenta a utilização do protocolo SPI em paralelo, onde cada dispositivo *slave* possui seu sinal *SS* independente. Além disso, pode-se cascatear os dispositivos, também chamado de *Daisy chain* como mostrado na Figura 6b, a saída *MISO* dos *slaves* são conectadas na entrada *MOSI* do próximo *slave*, até que o último retorne ao *master*. Portanto, é utilizado apenas um sinal *SS* para todos os *slaves*.

2.3 Periféricos

Segundo Bolton (2002) transdutor é um item que possibilite transformar a informação de uma grandeza física para outra forma que possa ser medida facilmente. Para um sistema micro controlado, deve ser gerado sinais elétricos compatíveis com os níveis de entrada utilizados. Esta seção mostrará os transdutores que serão utilizados neste projeto.

2.3.1 Sensor de temperatura e umidade

O **DHT22** é um módulo que utiliza o sensor **AM2302** que possui resolução de 16 *bits* para medir temperatura e umidade, consegue realizar medições de 0 a 100% de umidade relativa e de -40 a 80°C de temperatura, com precisão de ±2% a 25°C e ±0.5°C respectivamente. Utiliza um fio para comunicação com o microcontrolador(GUANGZHOU, 2018).

2.3.2 Sensor de iluminância

A iluminância é a quantidade de fluxo luminoso que incide em uma determinada área. O **BH1750** é um sensor digital com 16 *bits* de resolução que converte o fluxo de luminosidade do ambiente em sinal digital, possui interface de comunicação *I2C* para comunicação com o microcontrolador (ROHM, 2010).

2.3.3 Sensor de peso

O **HX711** é um módulo de conversão analógico para digital com resolução de 24 *bits* muito utilizado em projetos de balanças, ele possui entradas diferenciais onde são inseridos sensores resistivos que alteram seu valor ao aplicar-se uma pressão ou força. Utiliza comunicação *SPI* para enviar os dados ao microcontrolador (AVIA, 2018).

2.3.4 Relógio de tempo real

O módulo **DS3231** é um *Real-Time Clock* (RTC) de alta precisão, utilizado em sistemas no qual é necessário interromper a energia principal, possui entrada para bateria o que garante as informação de cronometragem. Mantém dados de segundos, minutos, horas, dia, mês e ano. Possui barramento de comunicação *I2C* para integrar com o microcontrolador (MAXIM, 2015).

2.3.5 Sensor de corrente, tensão e potência

O **INA219** é um sensor digital de corrente continua, tensão e potência. Ele utiliza o método *high-side* de medição com um resistor *shunt* em série entre a fonte e a carga a ser analisada, possui resolução de 12 *bits* em seu *ADC* e realiza a comunicação com o microcontrolador através de um barramento *I2C* (TEXAS, 2015).

2.3.6 Transceiver LoRa

O módulo de rádio frequência **RFM95PW** implementa a técnica de modulação *LoRa* com ajuste de potência de transmissão de até 27dBm, opera na banda não-licenciada *Industrial Scientific and Medical* (ISM) de 915MHz e tem uma sensibilidade de recepção de -136dBm. Utiliza barramento *SPI* para comunicação com o microcontrolador. O *transceiver* utilizado pelo módulo é o **SX1276** da *Semtech*. (HOPE, 2006).

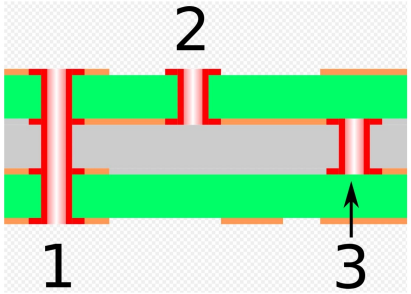
2.4 Placas de circuito impresso

Segundo Mehl (2005) a placa de circuito impresso, do inglês *Printed Circuit Board* (PCB) foi desenvolvida em 1930 por Paul Eisler, inicialmente produzida com *fenolite* como material isolante, foi substituído por fibra de vidro que possui maior resistência a água. Outros materiais como *teflon* e *poliéster* são utilizados em circuitos com frequências mais elevadas por apresentar menor polarização dielétrica.

2.4.1 Camadas, vias, trilhas e ilhas

De acordo com Mehl (2005) uma placa de circuito impresso pode conter uma ou mais camadas formadas por material condutor, no qual o cobre é utilizado por ter uma excelente condução elétrica. A interconexão entre camadas é realizada por orifícios metalizados chamados vias conforme pode-se observar na Figura 7, quando uma via interliga todas as camadas é chamada de *through hole*, ao interconectar uma camada externa com uma interna denomina-se *blind via* e *burried via* ao realizar a interconexão entre duas camadas internas.

Figura 7 – Tipos de vias em circuitos impressos: Via(1), *blind* via(2) e *burried* via(3)



FONTE: (ADLER, 2008).

Conforme em Melo (2001) as trilhas são responsáveis por realizar a conexão elétrica entre os componentes eletrônicos. A área de fixação dos componentes na placa denomina-se ilhas e podem ser do tipo *through hole* no qual há a perfuração da placa ou *surface mounted* cuja solda é aplicada na mesma camada onde o componente encontra-se.

A unidade de medida padrão utilizada em projetos de placas de circuito impresso é a polegada (**inch**), que equivale a 2,54 cm. *Softwares* de desenvolvimentos adotam a unidade **mil**, que significa **um milésimo de polegada**, no qual o valor de referência é 0,1 *inch* ou 100 *mils*. Componentes comercializados mundialmente tem suas distâncias entre pinos dadas em *mils*(LIMA, 2010).

De acordo com Lima (2010) a distância entre trilhas depende da faixa de tensão que será utilizada por cada circuito, na Tabela 2 é mostrado os valores mínimos que cada trilha deve conter para assegurar um isolamento entre os potenciais aplicados.

Tabela 2 – Distância entre tilhas de acordo com a diferença de potencial aplicada

Tensão (V)	**Distância dentre trilhas**	
	(mm)	**(mils)**
0-30	0,1	8
31-50	0,6	25
51-100	1,5	60
101-170	3,2	150
171-250	6,4	300
251-500	12,5	500

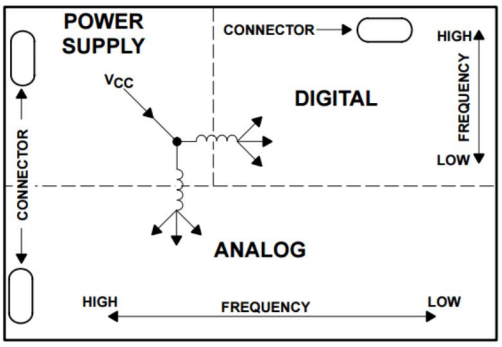
2.4.2 Roteamento

A criação dos roteamentos em uma placa de circuito impresso deve seguir regras para minimizar possíveis problemas com efeitos físicos indesejados como compatibilidade eletromagnética (EMC), interferência eletromagnética (EMI), *loop* de terra, acoplamento de ruído entre outros.

Segundo Sacco (2015) com a utilização de técnicas como a criação de um *grid* de terra, pois a forma que o sinal volta ao terra do circuito atenua os *loops* de terra, no qual o caminho percorrido pelo sinal forma uma antena irradiando energia. Com o agrupamento de funcionalidades como mostrado na Figura 8, além de isolar as interconexões com filtros e utilizar *grids* de terra independentes nos subsistemas atenua efeitos de EMC.

De acordo com Lima (2010) em circuitos digitais que operam com frequências elevadas, como sinais de *clock*, a distância entre as trilhas de ligação dos componentes devem ser curtas e próximas ao *grid* de terra. No geral o traçado das trilhas deve ser o mais retilíneo possível, no entanto ao mudar de direção

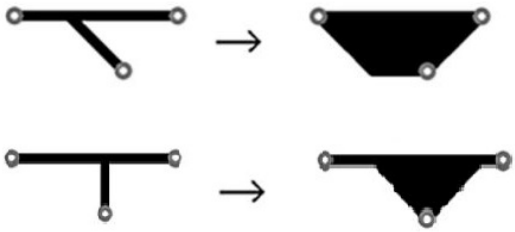
Figura 8 – Agrupamento dos componentes por funcionalidade



FONTE: (SACCO, 2015)

é recomendado utilizar ângulos chanfrados de 45º e quando viável empregar polígonos como mostra a Figura 9, o que diminui a reflexão de sinal e atenua efeitos de irradiação e evita EMI.

Figura 9 – Emprego de poligonos no roteamento de trilhas



FONTE: (LIMA, 2010)

Ruídos de alta frequência são indesejados em componentes como circuitos integrados, pois provocam mal funcionamento na operação de um dispositivo. Desta forma, deve-se incluir capacitores de desacoplamento entre a alimentação e o terra dos *CI's*, realizando um filtro contra *ripples* indesejados. Capacitores cerâmicos de 100nF são tipicamente utilizados em cada ponto de entrada de alimentação de circuitos integrados (MICROCHIP, 2018).

3 PROPOSTA DE TRABALHO

3.1 Metodologia

Este projeto foi dividido em cinco partes que são: levantamento de requisitos, estudo dos componentes de hardware do projeto, escolha das ferramentas de desenvolvimento, desenvolvimento do protótipo, validação e testes. Cada parte será descrita a seguir.

3.1.1 Levantamento de requisitos

Todo projeto, antes de iniciar seu desenvolvimento, deve ser planejado para avaliar sua viabilidade de implementação. Por se tratar de uma parte de um sistema maior os requisitos deste projeto já foram levantados, porém, cabe rever alguns modelos propostos. Nesta etapa serão revistos os requisitos que o sistema pretende alcançar em termos de consumo energético em *sleep-mode*, para assim dimensionar os componentes de alimentação como baterias e painel fotovoltaico.

3.1.2 Estudo dos componentes de hardware do projeto

Existem diversos fabricantes e famílias de processadores com baixo consumo energético. Nesta etapa do projeto será realizado um estudo para definir qual processador será utilizado ou se é possível conseguir um módulo que tenha a mesma eficiência, o que diminuiria possíveis problemas. E também realizar uma avaliação dos sensores que foram levantados como o **DHT22** para temperatura e umidade, **DS3231** para o relógio de tempo real, **HX711** para balança, **BH1750** para luminosidade, **INA219** para medir o consumo de corrente, e o módulo *LoRa* **RFM95PW**[1] para a transmissão de dados. Este estudo deve apontar se estes sensores são os ideais para o projeto, ou se existe algum outro com um custo beneficio melhor.

3.1.3 Escolha das ferramentas de desenvolvimento

Este projeto visa criar uma placa de circuito impresso e não apenas realizar a simulação do sistema. Com base nisso, a principio será utilizado a ferramenta `EAGLE` para criar a placa de circuito impresso, está ferramenta não é gratuita, porém o IFSC possui a licença para ser utilizada dentro a instituição.

3.1.4 Desenvolvimento do protótipo

Depois de realizar todos os estudos necessários para o projeto ser executado, nesta parte será realizada a modelagem da placa de circuito impresso com o software **EGLE**, e a implementação do hardware protótipo modelado.

3.1.5 Validação e testes

Nesta etapa será validado o protótipo criado, os testes validarão principalmente a parte energética do protótipo, então a proposta de testes é submeter o protótipo deste projeto a uma descarga completa de bateria e comparar com um protótipo não otimizado. E realizar as comparações entre os dois, levando em consideração o parâmetro de consumo de energia em *sleep-mode* para ambos os protótipos.

[1] https://www.hoperf.com/modules/lora/RFM95.html

3.2 Cronograma

Tabela 3 – Cronograma das atividades previstas

Etapa	Semanas															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1	√															
2		√	√													
3				√	√											
4						√	√	√	√							
5										√	√	√				
6													√	√	√	√

Conforme a metodologia proposta anteriormente, na etapa um será executado o levantamento de requisitos, na etapa dois será feito o estudo dos componentes de hardware do projeto, na etapa três será realizada a escolha das ferramentas de desenvolvimento, na etapa quatro será executado o desenvolvimento do protótipo, na etapa cinco efetuada a validação e testes do protótipo e na etapa seis será realizada a escrita, apresentação e defesa do trabalho.

REFERÊNCIAS

ADLER, M. *Different types of vias: (1) Through hole. (2) Blind via. (3) Buried via. The gray and green layers are nonconducting, while the thin orange layers and vias are conductive.* 2008. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Via_(electronics)#/media/File:Via_Types.svg>. Citado na página 20.

ANDRADE, A. S. de Oliveira e Fernando Souza de. *Sistemas Embarcados. Hardware e Firmware na Prática.* [S.l.]: Érica, 2010. ISBN 8536501057. Citado na página 15.

ARNIA. *Arnia remote hive monitoring system.* 2014. Disponível em: <https://www.arnia.co.uk>. Citado na página 13.

AVIA, S. *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales.* 2018. Disponível em: <http://www.aviaic.com/Download/hx711F_EN.pdf.pdf>. Citado na página 19.

BOLTON, W. *Instrumentação & Controle.* [S.l.]: Hemus, 2002. ISBN 852890119X. Citado na página 18.

DUTRA, T. F. S. *Beehiveior sistema de monitoramento de colmeias de produção apícola.* Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, jul 2016. Citado na página 13.

FOROUZAN, B. A. *Comunicação de Dados e Redes de Computadores (Em Portuguese do Brasil).* [S.l.]: Mc Graw Hill, 2007. ISBN 8586804886. Citado na página 17.

FREITAS, D. G. F. et al. *Nível tecnológico e rentabilidade de produção de mel de abelha (Apis mellifera) no Ceará.* 2014. Citado na página 13.

GUANGZHOU, A. E. C. L. *Temperature and humidity module AM2302 Product Manual.* 2018. Disponível em: <http://aosong.com/products-22.html>. Citado na página 18.

HOPE, M. C. L. *Enhanced Power Long Range Transceiver Module.* 2006. Disponível em: <https://www.hoperf.com/data/upload/portal/20190301/RFM95PW.pdf>. Citado na página 19.

HORAK, K. *Sinal Discreto.* 2010. Disponível em: <http://midas.uamt.feec.vutbr.cz/ZVS/Exercise01/content_cz.php>. Citado na página 17.

JESUS, F. T. *Sistema de calefação para ninhos de abelhas-sem-ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto.* Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, jan 2017. Citado na página 13.

KRIDI, D. S. *Monitoramento de padrões térmicos em colméias de abelhasS via redes de sensores sem fio.* Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, aug 2014. Citado na página 13.

LIMA, C. B. de. *Técnicas de Projetos Eletrônicos com os Microcontroladores AVR.* first. [S.l.]: clube de autores, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

LIMA, C. B. de. *AVR e Arduino Técnicas de Projeto.* second. [S.l.]: dos autores, 2012. Citado na página 17.

MAXIM, I. *Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal.* 2015. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. Citado na página 19.

MEHL, E. L. de M. *Projeto de Placas de Circuito Impresso com o Software Eagle.* 2005. Citado na página 19.

MELO, P. R. de S. *PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS.* 2001. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13440/2/BS%2014%20Placas%20de%20Circuito%20Impresso_Mercado%20Atual%20e%20Perspectivas_P_BD.pdf>. Citado na página 20.

MICROCHIP. *AVR® Microcontroller with Core Independent Peripherals and picoPower® Technology.* 2018. Disponível em: <http://ww1.microchip.com>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 21.

MOTOROLA, I. *SPI Block Guide V03.06*. 2000. Disponível em: <https://opencores.org/usercontent/doc/1499360489f>. Citado na página 18.

NXP, S. *I2C-bus specification and user manual*. 2014. Disponível em: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

PEDRONI, V. *Eletr^{a}nica Digital Moderna e Vhdl*. [S.l.]: Elsevier, 2010. ISBN 8535234659. Citado na página 15.

POLLENITY. *uHive smart beehive equipment*. 2019. Disponível em: <https://pollenity.com>. Citado na página 13.

ROHM, C. L. *Digital 16bit Serial Output Type Color Sensor IC*. 2010. Disponível em: <http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Digital%20light%20Sensor/bh1750fvi-e.pdf>. Citado na página 19.

SACCO, F. *10 mandamentos da PCB*. 2015. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/10-mandamentos-da-pcb>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

TEXAS, I. I. *INA219 Zerø-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I 2C Interface*. 2015. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf>. Citado na página 19.

TOCCI, R. *Sistemas digitais : principios e aplicacoes*. Sao Paulo: Prentice Hall, 2003. ISBN 8587918206. Citado na página 16.