



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UFC VIRTUAL
CURSO DE SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS**

FÉLIX AUGUSTO DUARTE MARTINS

HANNAH – *IOT* NO CURSO DE SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS

FORTALEZA

2020

FÉLIX AUGUSTO DUARTE MARTINS

HANNAH – *IOT* NO CURSO DE SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS

Relatório Técnico apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Graduação, da Universidade Federal do Ceará.

Orientador: Prof. Clemilson Costa dos Santos

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M343h Martins, Félix Augusto Duarte.

HANNAH – IOT no Curso de Sistemas e Mídias Digitais / Félix Augusto Duarte Martins. – 2020.
34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual,
Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Clemilson Costa dos Santos.

1. IOT. 2. ESP8266. 3. NodeMCU. 4. Arduino. 5. Computação Física. I. Título.

CDD 302.23

FÉLIX AUGUSTO DUARTE MARTINS

HANNAH – *IOT* NO CURSO DE SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS

Relatório Técnico apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Graduação, da Universidade Federal do Ceará.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Clemilson Costa dos Santos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Leonardo Oliveira Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Emanuel Ferreira Coutinho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais,

Armindo Leão Martins e Cesarina Évora
Duarte Martins.

Ao meu irmão,

Aduane Duarte Martins.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Armindo Leão Martins e Cesarina Évora Duarte Martins e ao meu irmão, que tanto me apoiam e incentivam nos meus estudos.

Aos amigos, os quais sempre me apoiaram no projeto, fornecendo incentivo e companhia nas noites viradas para desenvolvimento do projeto, tentando ajudar a resolver aquele Bug em específico, ajudando na revisão, fornecendo ideias para melhorar, ou simplesmente ajudando a espairecer nos momentos de estresse. Um especial agradecimento a Sofia Collares, Norma de Souza, Hélica Pinto, Ismael Pires e aos do curso que tanto me ajudaram como Tiego Campos, Alexandre Magno, Rosilene Moura.

Ao Prof. Clemilson Santos, que tanto me orientou desde o início de projeto, sempre disposto a tirar dúvidas e fornecer possíveis soluções ao LCF, à Lanchonete ou aos corredores do bloco.

Aos monitores do LCF, os quais forneceram importante ajuda, Gabriel Martins e Lorena Marques.

Aos professores, que aceitaram participar da minha banca examinadora, Leonardo Moreira e Emanuel Coutinho, assim como gostaria de agradecer pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

As comunidades de Arduíno e desenvolvimento web no Facebook, especial para o senhor Clauder Balzano e Lucas Oliveira.

Ao tio Google.

E por fim, mas não menos importante, a mim mesmo, por não ter desistido, apesar das dificuldades.

“Às vezes, quando você inova, comete erros.
É melhor admiti-los rapidamente e continuar a
melhorar suas outras inovações.”

- Steve Jobs

RESUMO

O presente relatório tem como fim descrever o processo de criação de um produto *IOT* de automação para o Laboratório de Computação Física. Trata-se de um produto em módulos, que se pode adicionar novos componentes para controlar outros dispositivos, fornecendo assim maior praticidade ao ambiente. O relatório possui como objetivo geral: Desenvolver um produto *IOT* apelidado HANNAH, aplicando conhecimentos abordados nas cadeiras de Computação Física, Redes, Programação para Web I com fim de incentivá-los a desenvolver produtos *IOT* nas cadeiras que oferecem essa possibilidade. A metodologia adotada no desenvolvimento do produto consiste em cinco etapas: desenvolvimento conceitual, modelagem, prototipagem, testes e apresentação do produto. Neste trabalho, foram desenvolvidos três módulos: Controle Luz, Controle de Persiana horizontal de PVC, Controle Infravermelho Universal. No final, foram feitos experimentos por meio da utilização do produto para testar as funcionalidades e obteve-se sucesso ao conseguir controlar a Luz do laboratório, a persiana de PVC e o ar-condicionado, ao fazer uso de temas que fazem parte da ementa das cadeiras de Computação Física, Redes e Programação para Web I.

Palavras-chave: *IOT*. ESP8266. NodeMCU. Arduino. Computação Física. Sistemas Embarcados. Servidor Web. Automação. Redes.

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe the process of creating an automation *IOT* product for the Physical Computing Laboratory. It is a product in modules, which can be added new components to control other devices, thus providing greater convenience to the environment. The report has as general objective: To develop an *IOT* product called HANNAH, applying knowledge covered in the chairs of Physical Computing, Networks, Programming for Web I in order to encourage them to develop *IOT* products in the chairs that offer this possibility. The methodology adopted in the product development consists of five stages: conceptual development, modeling, prototyping, testing and product presentation. In this work, three modules were developed: Light Control, PVC Horizontal Blind Control, Universal Infrared Control. In the end, experiments were carried out using the product to test the functionalities, and success was achieved in controlling the laboratory light, the PVC blind and the air conditioning, using themes that are part of the menu. chairs for Physical Computing, Networks and Programming for Web I.

Keywords: *IOT*. ESP8266. NodeMCU. Arduino. Physical Computing. Embedded systems. Web Server. Automation. Networks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Crescimentos de dispositivos <i>IOT</i> por pessoa	16
Figura 2	–	Método de desenvolvimento dos módulos de HANNAH.....	18
Figura 3	–	Modelagem Genérica dos módulos.....	19
Figura 4	–	(a) Arduino, (b) NodeMCU e ESP-01.....	20
Figura 5	–	Persiana de PVC automatizada utilizando HANNAH.....	21
Figura 6	–	Modelo em camadas de HANNAH.....	23
Figura 7	–	Comunicação Serial.....	23
Figura 8	–	Comunicação ESP-NOW.....	24
Figura 9	–	Comparação servidor Web Socket e HTTP.....	26
Figura 10	–	(a) Interruptores convencionais instalados, (b) Caixa de PVC tampa fechada(b), (c) Caixa de PVC aberta.....	28
Figura 11	–	a) <i>Shield</i> de Relés, (b) Sensor de corrente, (c) Esquemático simplificado de conexão dos interruptores.....	28
Figura 12	–	Design da PCI do módulo I.....	29
Figura 13	–	Design da PCI do módulo II.....	30
Figura 14	–	Página HTML visto pelo computador e <i>smartphone</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista das ferramentas utilizadas.....	27
Tabela 2 – Lista dos materiais utilizados	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>IOT</i>	<i>Internet Of Things</i>
SMD	Sistemas e Mídias Digitais
LCF	Laboratório de Computação Física
PCI	Placa de Circuito Impresso
CF	Computação Física
SE	Sistemas Embarcados
PVC	Policloreto de vinila
<i>IR</i>	<i>Infrared</i>
<i>IBSG</i>	<i>Internet Business Solutions Group</i>
<i>Tx</i>	<i>Transmitter</i>
<i>Rx</i>	<i>Receiver</i>
<i>UML</i>	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	<i>IOT</i> - ORIGEM	16
3	HANNAH – ORIGEM	17
3.1	HANNAH – Relação entre produto e o local a ser instalado	20
3.2	HANNAH – Arquitetura de 3 camadas <i>IOT</i>	24
3.2.1	<i>Camada de Dispositivos Físicos</i>	25
3.2.2	<i>Camada de Interface de Comunicação</i>	27
3.2.3	<i>Camada de Aplicação</i>	28
3.3	HANNAH – Resultados alcançados	28
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	34

1 INTRODUÇÃO

Segundo Evans (2011), Internet das Coisas, ou *Internet of Things (IOT)*, do inglês, é uma área que, ultimamente, tem apresentado um crescimento exponencial, e como consequência disso, se pode prever o crescimento da área de estudo no mercado.

Para Santos (2016) *IOT* pode ser definida como uma extensão da Internet atual, que proporcionam que objetos os quais possuem capacidades computacional e de comunicação conectarem-se à internet sejam controlados, monitorados à distância, ou até prover serviços que automatizam ou facilitam tarefas que antes exigiam um esforço maior.

Desse modo, motivado pelo potencial da produção de produtos e serviços *IOT*, o mercado tem promovido mudanças as quais facilitam o trabalho de quem pretende investir nessa área (ANATEL, 2019).

Diante desse cenário, uma das áreas que contribuiu de modo mais significativo para a expansão da Internet das Coisas é a de desenvolvimento de Sistemas Embarcados, a qual segundo Wolf (2008), pode ser definido como um dispositivo que inclua um computador programável, mas que não seja ele próprio um computador de uso geral.

IOT, é explorado no currículo do curso de Sistemas e Mídias Digitais, da Universidade Federal do Ceará, recebendo atenção direta de várias disciplinas, tais como a de Sistemas Embarcados, de Computação Física, de Computação Móvel e Ubíqua, assim como foco indireto em outras cadeiras como Programação para Web I, Autoração Multimídia II e Redes de Computadores.

No entanto, atualmente no curso, esse assunto raramente é abordado de forma prática.

Devido a isso o relatório possui como objetivo geral: **Desenvolver um produto *IOT* aplicando conhecimentos abordados nas cadeiras de Computação Física, Redes, Programação para Web I com fim de incentivá-los a desenvolver produtos *IOT* nas cadeiras que oferecem essa possibilidade.**

E para que o objetivo geral seja alcançado é necessário realizar os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver módulos físicos para comunicar com os dispositivos do laboratório;
- Desenvolver uma plataforma web para agregar e controlar os módulos desenvolvidos;
- Agregar a plataforma web com os módulos físicos desenvolvidos previamente.

O produto foi apelidado de HANNAH e foi sugerido por ser um nome que possui presença, e além disso ser um anagrama, o que dá possibilidades interessantes na hora de

elaborar uma logo para o mesmo. HANNAH é um produto desenvolvido que faz uso do NodeMCU, o qual consiste em uma plataforma *Open Source IOT*. Além disso, faz uso de conhecimentos base de Arduino, sendo esse uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre de placa única. Vale ressaltar que tais conhecimentos de Arduino são abordados nas cadeiras de CF e SE.

O produto desenvolvido se trata, portanto, de uma composição em módulos, no qual cada módulo controla um componente ou eletrônico específico, que pode ser expansível ao se utilizar os conhecimentos abordados em outras cadeiras do curso. A exemplo disso, pode-se citar a cadeira de Redes de Computadores, a qual ensina sobre tecnologias de comunicação e desenvolvimento de páginas HTML e *Web Server*.

Logo, HANNAH aborda conhecimentos que são acessíveis aos alunos do curso, por serem discutidos em algumas das cadeiras ofertadas, o que facilita, assim, a compreensão dos estudantes sobre o produto. Além disso, passa a servir como uma ferramenta de estímulo ao estudo da temática, visto que lança o desafio de possível expansão e de constante aprimoramento do seu funcionamento. Essa atividade de evolução do produto pode, inclusive, ser trabalhada tanto nas cadeiras que dialogam diretamente com o assunto, como CF e SE, quanto em disciplinas que propõem o desenvolvimento de um produto final, a exemplo das cadeiras de Projeto.

Diante do caráter instigante que HANNAH possui, por ser uma plataforma *Open Source IOT*, concluiu-se que o local mais apropriado para realizar a sua instalação seria o Laboratório de Computação Física, situado no bloco do curso de Sistemas e Mídias Digitais. Com isso, o produto viria a somar com as atuais funcionalidades do laboratório, possibilitando, por exemplo, um melhor suporte às cadeiras que optem por realizar aulas práticas de *IOT* no local. Ações como essa contribuem para a melhor formação dos alunos de SMD, tornando-os mais aptos a explorar e a atuar na área em ascensão de Internet das Coisas e similares.

No decorrer do relatório será abordado a origem da *IOT* na seção 2; A origem de HANNAH na seção 3; Relação entre produto e local a ser instalado na sub-seção 3.1; Arquitetura de 3 camadas *IOT* na sub-seção 3.2; Camada de dispositivos físicos na sub-sub-seção 3.2.1; Camada de interface de comunicação na sub-sub-seção 3.2.2; Camada de aplicação na sub-sub-seção 3.2.3; Resultados alcançados na sub-seção 3.3 e por fim, considerações finais e trabalhos futuros na seção 4.

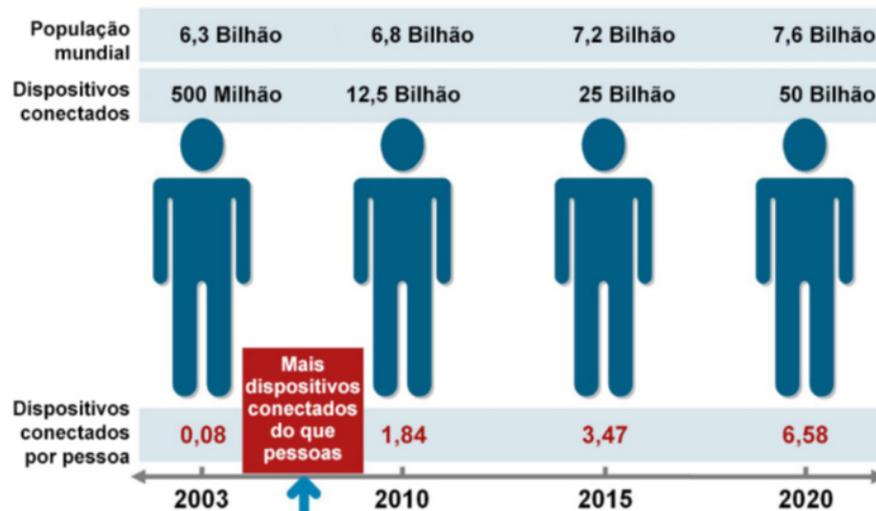
2 IOT - ORIGEM

Segundo Evans (2011), historicamente, a origem do termo *IOT* leva ao grupo do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) Auto-ID Center, fundado em 1999, que trabalhava no campo de identificação de frequência de rádio em rede (*RFID*) e tecnologias de sensores emergentes.

Mas, antes disso, muitos eventos já contribuíram para pesquisas em áreas relacionadas, as quais viriam a possibilitar o surgimento da tecnologia *IOT*, como o artigo *The Computer of 21st Century* de Mark Weiser, publicado em Setembro de 1991, na *Scientific American* (Weiser, 1991). Esse, considerado um marco histórico na área *IOT*, foi o primeiro artigo sobre a computação Ubíqua que tem por objetivo tornar a interação humano computador invisível.

Vale ainda ressaltar a pesquisa realizada pelo Cisco IBSG mencionado por Evans (2011), que colocou como marco os anos de 2008 e 2009 para a linha do tempo da *IOT*, por, nesse período, o número de dispositivos conectados ter se tornado superior ao número correspondente à população mundial (Figura 1). Isso demonstra o crescimento da popularidade e da adoção dessa tecnologia em diferentes contextos do cotidiano, como escolas e residências.

Figura 1 – Crescimentos de dispositivos IOT por pessoa



Fonte: Cisco IBSG, 2011

2.1 IOT no ambiente acadêmico

Dentre as principais razões para adoção da tecnologia *IOT*, vale ressaltar a facilidade em consonância com a praticidade, o que permite uma maior agilidade para realização das atividades diárias (Atzori, 2010; Miorandi, 2012). A facilidade e a praticidade advém da automação ou da simplificação de tarefas as quais antes eram realizadas manualmente, como a lista de presença feita pelos professores nas aulas. Esse exemplo citado anteriormente poderia ser resolvido facilmente através de um sistema de controle de presença *RFID* na porta de cada sala ou laboratório, com acesso a um Banco de Dados, em que seria possível cadastrar quem está entrando na sala e, assim, aplicar a presença ao aluno.

A *IOT* possibilitou uma infinidade de aplicações, e, com ela, a possibilidade de aplicação e em muitos ambientes (Atzori, 2010; Miorandi, 2012). Ao se explorar essa área no ambiente acadêmico, é possível agregar uma série de vantagens para a comunidade, como a possibilidade de propor melhores condições de estudo aos usuários, de auxiliar os professores nas tarefas diárias e de agilizar processos burocráticos, a exemplo de requisição de livros ou de acessos a laboratórios de ensino e pesquisa descritos por Rodrigues e Kleinschmidt (2014). Isso provém da grande flexibilidade e abrangência da área *IOT* como também da evolução de dispositivos eletrônicos, ficando cada vez menores, facilitando assim a comunicação entre diversos equipamentos.

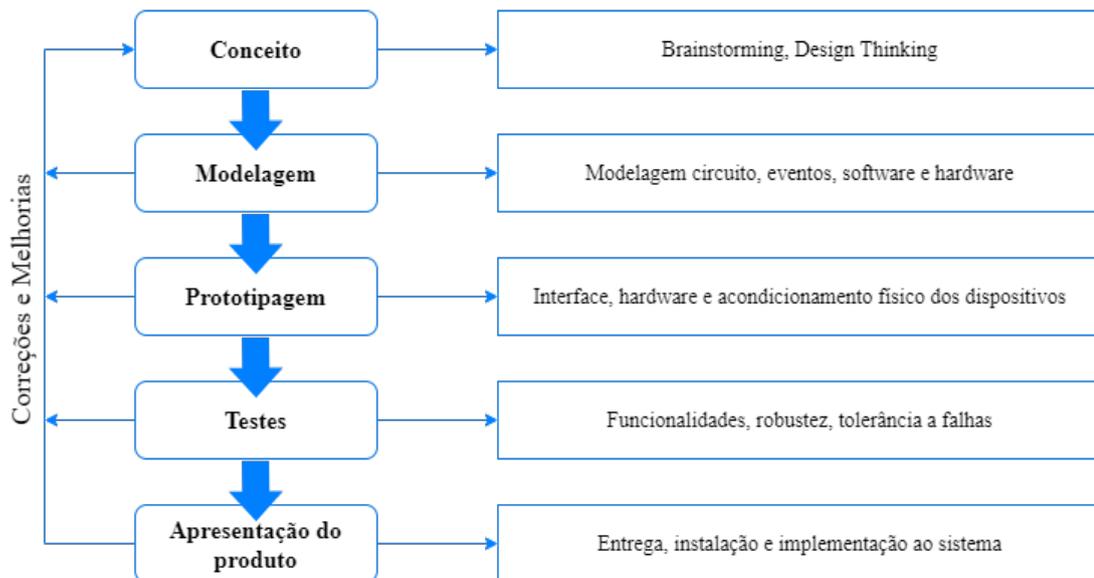
3 HANNAH - ORIGEM

A ideia do produto surgiu de um levantamento de necessidades e ideias sustentáveis para administração dos recursos de água e energia disponibilizados nos espaços do prédio, onde está instalado o curso de Sistemas e Mídias Digitais. A ideia visa explorar os recursos que as tecnologias *IOT* podem criar para se alcançar maior economia energética, uso responsável dos recursos hídricos e segurança patrimonial. O Laboratório de Computação Física (LCF) já tem trabalhado em suas disciplinas práticas experimentos de desenvolvimento de dispositivos interativos aplicados nas citadas questões e, nesse contexto, a tecnologia *IOT* tem sempre sido sugerida pelos alunos como uma alternativa para o desenvolvimento de seus projetos semestrais, mas se parece ser algo um pouco distante pois as cadeiras que abordam da parte de hardware e eletrônica básica de forma prática são muito poucas no curso e já possuem uma emenda bastante ampla para ter que lidar diretamente com esse novo tópico. Tendo em conta isso, iniciou-se a idealização do produto, também como algo que poderia ter

fins didáticos, ao fazer uso de conhecimentos de outras cadeiras abordadas no curso para desenvolver um produto *IOT* que pudesse servir de exemplo, ou mesmo auxiliar os alunos na proposta de ampliação do produto HANNAH.

A metodologia adotada na criação dos módulos de HANNAH consiste em cinco etapas: desenvolvimento conceitual, modelagem, prototipagem, testes e apresentação do produto, apresentada por Martins et al. (2019) e descrita na (Figura 2).

Figura 2 - Método de desenvolvimento dos módulos de HANNAH



Fonte: Martins et al. (2019)

3.1 HANNAH – Relação entre produto e o local a ser instalado

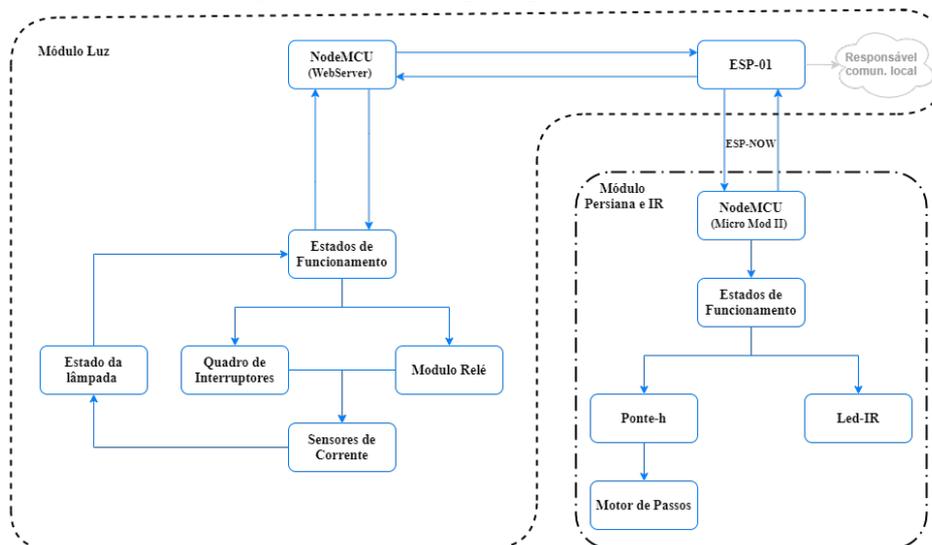
HANNAH teve início do seu desenvolvimento realizado na integração das disciplinas de Computação Física e Projetos Integrados II. Na etapa inicial do projeto, foi escolhido como primeiro alvo de investimento do trabalho o elemento mais comum em toda instalação predial, a iluminação. O controle da iluminação apresenta uma evidente relação da eficiência energética, o conforto visual e segurança necessária para o desempenho adequado das atividades nos ambientes de convivência. O LCF tem uma área de 57,4 m² e um pé direito de 2,7 m de altura com quatro circuitos de lâmpadas eletrônicas lineares, controladas por uma caixa de interruptores independentes. O uso cotidiano da iluminação no laboratório com frequência ignora a oferta de luz natural oriunda de suas duas grandes janelas com área de 3,8 m² cada, permanecendo todas as luzes ligadas, independente da quantidade de usuários ou de seu horário de funcionamento.

A segunda etapa trata da modelagem conceitual, algoritmos, softwares e hardware.

A primeira fase dessa etapa consiste na aplicação do "Design Thinking" (Visser, 2006). A prática de desenvolvimento conceitual foi iniciada com um Brainstorming promovido pelas equipes de alunos, o resultado é apresentado através de *storyboard*, animação, *mockups*, fluxogramas ou esboços capazes de expor adequadamente o conceito e a funcionalidade do sistema proposto. Na segunda fase da terceira etapa é realizada a modelagem dos algoritmos de funcionamento do sistema, para isso devem ser utilizadas linguagens formais capazes de prever todos os estados funcionais e alcançáveis. Linguagens tais como *UML*, Grafos, Redes de Petri ou outras para modelagem de eventos discretos. Um bom critério para a escolha de uma linguagem de modelagem é que a mesma possua ferramentas capazes de gerar os primeiros códigos em C/C++ para prototipagem de firmwares, interfaces de interação, drives e outros.

Na terceira fase desta etapa a equipe de desenvolvimento já em posse dos testes conceituais, inicia o processo de modelagem dos circuitos, essa fase ainda utiliza ferramentas digitais para modelar o hardware do primeiro protótipo. Atualmente existem várias ferramentas para a modelagem de circuitos open-source a escolha destas ferramentas deve buscar a maior aproximação com o hardware especificado, outra característica desejada e disponível em ferramentas de modelagens é capacidade de integração entre as plataformas físicas de desenvolvimento. Na (Figura 3) é apresentado um exemplo de modelagem geral dos módulos de controle da iluminação, persiana e controle IR.

Figura 3 - Modelagem genérica dos módulos



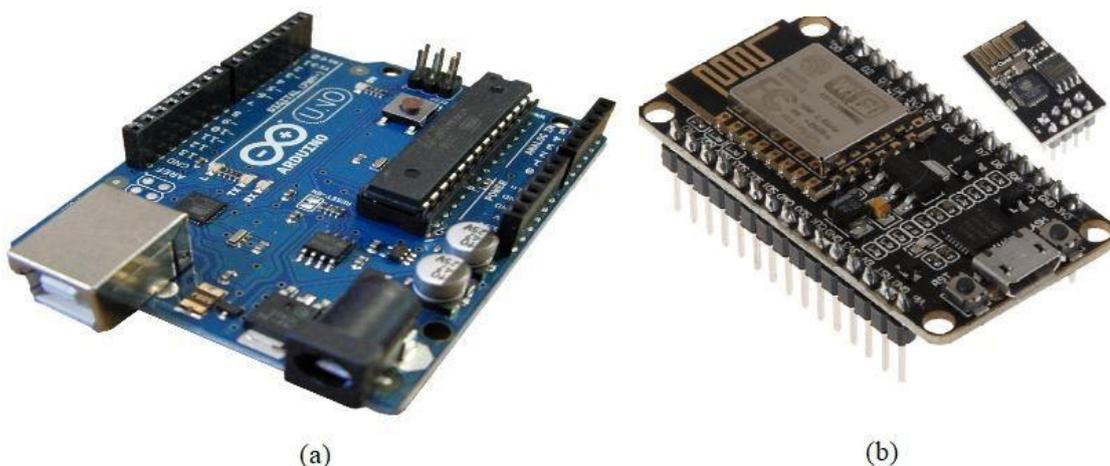
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na terceira etapa, após terem sido levantados os requisitos e parâmetros de funcionalidade do módulo de operação da iluminação iniciou a prototipagem física dos

dispositivos envolvidos. A modelagem do hardware começa na escolha de uma plataforma hardware bem funcional e com capacidade de expansão e integração com as interfaces de programação. A primeira plataforma escolhida como modelo didático nas práticas do LCF tem sido a placa Arduino modelo UNO (Figura 4 a), uma placa open-source de baixo custo, de fácil aquisição e muito material de suporte disponível. Esta placa utiliza um microcontrolador de 8 bits da Atmel(R) o Atmega328p, com todos os dispositivos internos acessíveis através dos pinos de expansão e o circuito de programação de sua memória flash já integrados a placa. A primeira fase consiste no teste das funcionalidades *offline*, interatividade com operador do sistema, leitura de sensores, controle de atuadores, gerência de carga de alimentação, tolerância e tratamento de falhas.

Na segunda fase de prototipagem física optou-se pelo NodeMCU ESP8266 e ESP-01, são placas de desenvolvimento que tem conquistado muita atenção dos desenvolvedores (Figura 4 b). Nesta fase de prototipagem o desenvolvimento pode se fazer uso de vários *shields*, termo utilizado pela comunidade de *maker* de usuários das plataformas Arduino para denominar os circuitos sensores e atuadores com suas tensões e sinais já condicionados e compatibilizados com o padrão da plataforma, permitindo ao desenvolvedor abstrair a eletrônica envolvida acelerando o tempo de desenvolvimento e testes.

Figura 4: (a) Arduino, (b) NodeMCU e ESP-01



Fonte: Grupo Arduino Brasil - Facebook

O controle do circuito de iluminação requer uma intervenção na caixa de interruptores. Operação que exige a participação de um eletricista autorizado. A intervenção oferece uma

camada adicional de controle, permitindo a um gestor desenvolver e aplicar algoritmos mais inteligentes na operação de iluminação da sala. A adição desta camada garante a manutenção do funcionamento da iluminação permanentemente, independente da interrupção do controle automatizado, mais detalhes sobre o circuito e as interfaces de operação serão apresentados no tópico de resultados.

O segundo módulo desenvolvido neste projeto foi escolhido para continuar explorando a questão do controle de iluminação, agora tratando do aproveitamento da luz natural. A utilização da luz natural na arquitetura dos ambientes de convivência oferece uma grande economia de energia e qualidade de vida para seus usuários. Os parâmetros de controle da iluminação natural em uma edificação devem começar ainda no projeto de posicionamento da construção, distribuindo adequadamente janelas e áreas abertas.

Entretanto para um maior controle da incidência de luz e aproveitamento é necessário o uso de acessórios comuns na ambientação interna, tais como cortinas e persianas porém automatizadas, com capacidade de configuração inteligente para atender os mais variados padrões de uso e gostos de seus usuários e ainda ser capaz de atuar cooperativamente com os sistemas de iluminação artificial, buscando otimizar o consumo de energia elétrica.

O controle de iluminação natural desenvolvido no produto a ser instalado no LCF, foi planejado para o uso de cortinas do tipo persianas horizontais (Figura 5) muito comuns e bastante utilizadas nos mais variados tipos de ambientes. A conectividade deste acessório a web torna possível a cooperação integrada com os sistemas de iluminação artificial, climatização e segurança agrega maior praticidade ao ambiente.

Figura 5: Persiana de PVC automatizada utilizando HANNAH



Fonte: Martins et al. (2019)

Ainda no segundo módulo temos uma funcionalidade que permite o controle dos equipamento de ar-condicionado mais simples, com controle IR.

A climatização dos ambientes aponta como um dos grandes consumidores de energia nos ambientes de convivência. Na última década os equipamentos de climatização têm alcançado maior eficiência e se tornado mais econômicos, contudo ainda listam entre os itens de maior peso nas contas de energia. O conforto térmico está diretamente relacionado com qualidade de vida, o que torna o ar-condicionado um item cada vez mais comum no dia a dia do ser humano. A integração dos sistemas de climatização a rede de dispositivos *IOT* se mostra vital para a boa gerência do consumo de energia e garantia do bem-estar em residências e ou em qualquer outro ambiente de convivência humana.

A funcionalidade do módulo IR de HANNAH foi pensando de forma capaz de substituir o controle remoto manual em suas operações básicas, ligando, desligando e controlando a temperatura ou outras que o aparelho possui de fábrica, porém dando a possibilidade de programar novas funcionalidades, desde que essas tenham como base as funcionalidades já disponível no aparelho. Outra especificação do projeto consiste na menor intervenção possível no aparelho. Desta forma, a interação com o ar-condicionado foi implementada utilizando um LED emissor de luz no espectro do infravermelho (LED-IR), o posicionamento do módulo foi definido através de teste, dentro do raio de alcance do emissor buscando-se uma visada direta, em um local permaneça sempre sem obstruções. O controle on-line de um aparelho de climatização convencional apresenta várias dificuldades.

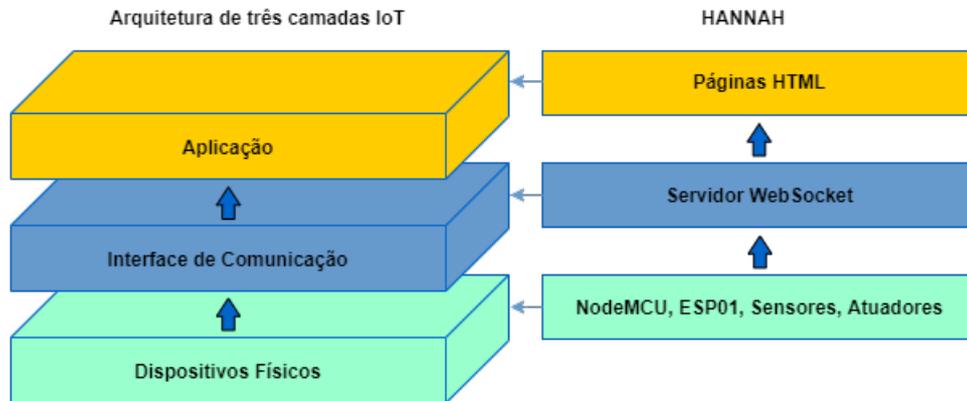
A primeira dificuldade está relacionada ao *feedback* dos comandos de controle emitidos pela unidade *IOT IR*, ou seja, a confirmação que os comandos foram recebidos e que o estado de funcionamento do aparelho foi alterado da forma desejada. No controle convencional de um aparelho de ar condicionado, essa interação com o usuário é estabelecida, na maioria das vezes, através de sinalizações sonoras, *Led* no painel frontal e a percepção na alteração da temperatura.

Vale ressaltar que o módulo *IR* apesar de ter sido criado com o fim de controlar o ar-condicionado ele pode controlar outros aparelhos que possuem controle IR, desde que os comandos do aparelho sejam pré-configurados.

3.2 HANNAH – Arquitetura de 3 camadas *IOT*

A arquitetura proposta neste trabalho é o modelo básico de três camadas, sendo cada uma delas brevemente descrita na (Figura 6) e referenciado em vários trabalhos tais como (Domingo, 2011; Al-Fuqaha, 2015; Oliveira, 2018; Kaur, 2018)

Figura 6 - Modelo em camadas de HANNAH.



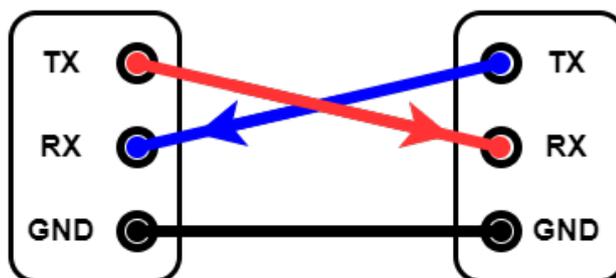
Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.2.1 Camada de Dispositivos Físicos

Camada de Dispositivos Físicos representa a parte inferior da arquitetura. É a camada a qual interage com os dispositivos físicos presentes no ambiente, visto que coleta os dados presentes nele, processa e os transmite para as camadas superiores.

O presente trabalho é constituído por um módulo central, que possui um NodeMCU, funcionando como um Servidor WEB, e, esse, por sua vez, utiliza comunicação Serial para enviar dados para um ESP01. Esse tipo de comunicação é bastante utilizada no NodeMCU e Arduino, pois o microcontrolador dos mesmos já possuem canal reservado apenas para isso, normalmente denominados, *Tx (transmitter)*, *Rx (receiver)*. É através desses canais que é feito o *upload* do código para a placa, assim como se pode visualizar os dados dos sensores no computador. Além disso, é possível comunicar com outros microcontroladores, como é descrito na (Figura 7).

Figura 7 – Comunicação Serial



Fonte: Desenvolvido pelo autor

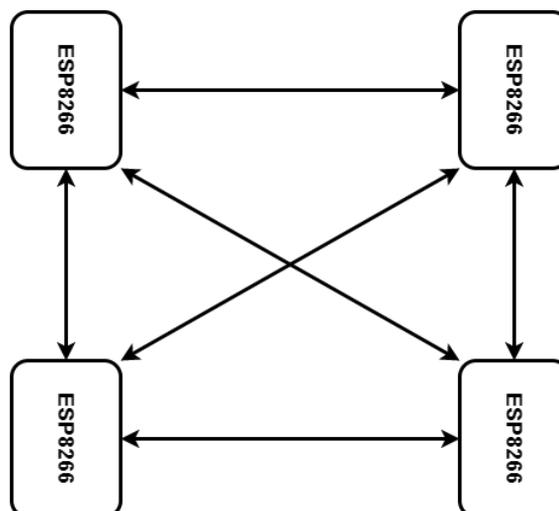
Já o ESP01, no módulo central, utiliza o ESP-NOW, ilustrada de formar simplificada na (Figura 8), que é um protocolo de comunicação M2M (*Machine To Machine*), o qual permite comunicação sem fio. Referente ao protocolos M2M, eles permitem que dispositivos se comunicam com outros que possuem a mesma habilidade, ou seja, o mesmo tipo de comunicação. No caso de HANNAH, trata-se do ESP8266, presente tanto no NodeMCU quanto no ESP01. Por possibilitar a comunicação sem fio, esse protocolo foi escolhido para o desenvolvimento do trabalho, visto que, além disso, é uma alternativa eficiente em termos de economia de energia e possui um alcance considerável.

Para comprovar a sua eficiência, foi realizado um teste com distância de até 50 metros de espaçamento e se obteve uma comunicação ainda estável, mesmo sendo uma distância consideravelmente maior do que realmente será adotada entre o módulo central e os outros módulos, o que, para o produto, mostrou ser um resultado positivo.

Ainda referente ao módulo central, ele irá ter um módulo relé de quatro canais ligados em paralelo com quatro interruptores, os quais controlarão juntos a passagem da corrente para as quatro fileiras de luz do laboratório. Além disso, ele possuirá quatro sensores de corrente, que verificarão a passagem de energia para as lâmpadas, avisando ao usuário, através da página HTML, se a lâmpada se encontra ligada ou desligada.

A camada de dispositivos físicos está fortemente ligada a cadeira de Computação Física, pois é na mesma que o projeto se originalizou, aproveitando dos conteúdos abordada na cadeira para controlar os componentes presentes na sala. Outra cadeira do curso que dá continuidade a isso é o de Sistemas Embarcados.

Figura 8 – Comunicação ESP-NOW



Fonte: Desenvolvido pelo autor

O outro módulo que foi desenvolvido envia comandos infravermelhos pré-programados e controla a entrada de luz de uma persiana de PVC. Essa persiana utilizada se trata de um modelo horizontal, simples e mecânico, mas foi adicionado nela um motor de passos para controlar assim a luminosidade que passa pela janela de forma eletrônica, através da página HTML. Referente ao envio de comandos IR, ele foi desenvolvido com intuito de controlar o ar-condicionado, porém, percebeu-se o potencial de expandi-lo para controlar outros dispositivos, como um projetor ou outros objetos controlados por um Controle IR presente no ambiente. Durante o teste, foi possível controlar o ar-condicionado, televisão, Mini System, o que comprova a viabilidade de se controlar diversos aparelhos que possuem comunicação IR, desde que seja realizada a configuração dos comandos previamente.

3.2.2 Camada de Interface de Comunicação

A camada de interface de comunicação representa a camada central, a qual recebe os dados transmitidos pela camada de Dispositivos Físicos e encontra uma rota para transmitir essa informação, através da rede, para a próxima camada.

No presente trabalho, ela é o que mais passou por alterações, pois sempre que a placa de prototipagem era alterada, fazia-se necessário mudar de tecnologia. Inicialmente, a primeira opção escolhida, visto que atendia os pré requisitos do produto, foi a biblioteca “ESP8266WebServer.h”, a qual nos dá a oportunidade de utilizar o NodeMCU como um *WEB Server* simples, capaz de lidar com solicitações HTTP, a exemplo de POST e GET disponibilizado por Philhower (2019).

A biblioteca em questão enviava, portanto, os arquivos solicitados pelo navegador via HTTP, porém o Servidor HTTP só enviar solicitações, ou seja, é uma comunicação unilateral, que só consegue enviar dados da página HTML para o NodeMCU,

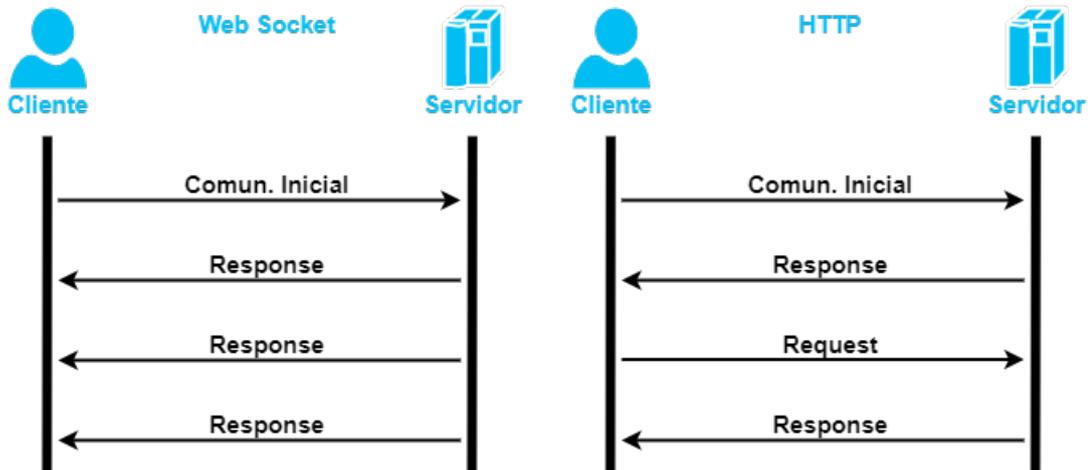
Diante dessa realidade, durante a apresentação do produto na disciplina de Projeto de Trabalho Final, foi sugerida, como melhoria ao produto, a necessidade de informar o estado em que se encontra a lâmpada, ligada ou desligada sempre. Além disso, foi percebido que, ao se utilizar a comunicação bilateral, o NodeMCU pode enviar dados para a página, permitindo, portanto, que os novos módulos enviassem dados de sensores, por exemplo.

Devido a isso, o Servidor HTTP foi substituído por um Servidor WebSocket fazendo uso da biblioteca “WebSocketsServer.h” junto com a biblioteca anterior, permitindo, desse modo, uma comunicação bilateral exemplificado na (Figura 9).

A camada de interface de comunicação pode ser facilmente relacionada com as

cadeiras de Redes, Programação para Web I e II, e ainda outras cadeiras do curso que abordam o *backend* de desenvolvimento web e *mobile*.

Figura 9 – Comparação servidor Web Socket e HTTP



Fonte: Desenvolvido pelo autor

3.2.3 Camada de Aplicação

Ela representa a camada superior, a qual recebe informações da camada de rede e as utiliza para fornecer serviços aos clientes. Neste trabalho, isso é feito através de páginas HTML, hospedados no NodeMCU, que podem ler ou mudar os estados das portas do NodeMCU. Isso permite que haja o controle do ambiente através dos atuadores ou o recebimento de dados de sensores, ambos presentes na Camada de Dispositivos Físicos.

A camada de aplicação pode ser facilmente relacionada com as cadeiras de Autoração Multimídia I, Design de Interface Gráfica I e II, Programação para Web I e outras cadeiras do curso que abordam o desenvolvimento de Sites e de Aplicativos.

3.3 HANNAH – Resultados alcançados

Nesta seção serão apresentados os resultados alcançados durante o desenvolvimento do produto, suas características funcionais, ferramentas, componentes e materiais utilizados.

Tabela 1 – Lista das ferramentas utilizadas

Maquina de solda	Microrretifica Dremel
Peças retifica de corte	Peças retifica de fresar
Peças retifica de Lixar	Óculos de proteção
Luvas	Chave de fenda
Pistola de cola quente	Fita isolante
Estilete	Solda
Alicate universal	Alicate decapador
Multímetro/Amperímetro	Tesoura

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 2 – Lista dos materiais utilizados

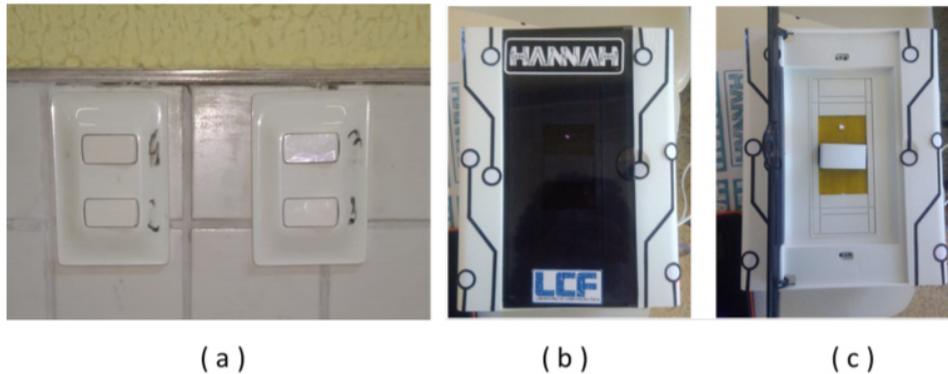
NodeMCU	ESP01
Jumpers	Protoboard
Modo relé 4 canais	Sensor de corrente
Placa de fenolite perfurada	Módulo USB duplo 220v
Módulo de interruptores	Interruptores Triway
Caixa de disjuntores	Cabos elétricos
Led emissor IR	Receptor IR
Drive Motor de Passos	Motor de Passos
Cabos USB otg	Plugue macho 220v
Suporte para lâmpada	Protoboard
Transistor	

Fonte: elaborada pelo autor.

- Experimento 1 - Controle das 4 fileiras de luz

O módulo de controle da iluminação desenvolvido por Martins et al. (2019) foi projetado para substituir os interruptores convencionais (Figura 10 a) já instalados na sala. Uma caixa de PVC, com tampa, foi escolhida para acomodar o sistema (Figura 10 b). Nesta caixa foram colocados os quatro interruptores do tipo three way e conectados para trabalhar em paralelo com uma placa de Relés. Esse se trata do módulo central do projeto, pois é nele que se encontra o NodeMCU que funciona como WebServer, que também é o único dispositivo do produto que se encontra ligado a rede Wifi Local. Na (Figura 10 c) é apresentada a caixa com somente um interruptor para testes, posteriormente foi adicionado mais três interruptores.

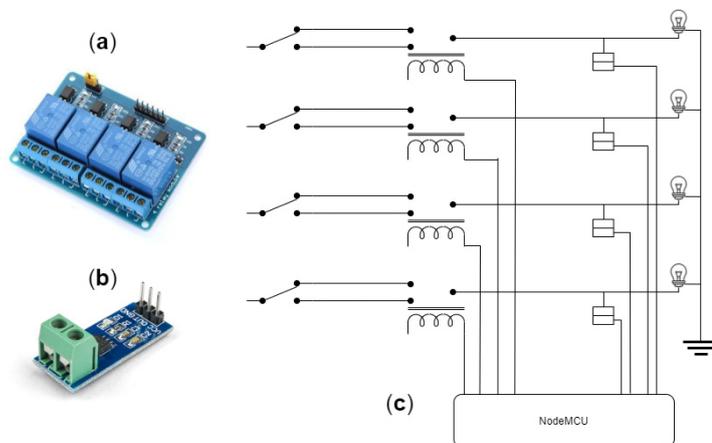
Figura 10: (a) Interruptores convencionais instalados,
 (b) Caixa de PVC tampa fechada, (c) Caixa de PVC aberta



Fonte: Acervo pessoal

Nesse módulo foi utilizado um *shield* de 4 Relés (Figura 11 a) controlado remotamente pelo NodeMCU ESP8266 através da interação do usuário com a página HTML de controle. Por ser um sistema que possui tanto o controle digital (pela página), quanto a física (interruptores convencionais) somente com isso não se poderia saber o real estado das lâmpadas pela página de controle, não sabendo assim se estaria abrindo ou fechando a luz. Para resolver isso foi adicionado ao módulo 4 sensores de correntes (Figura 11 b), sendo uma para cada fileira de luz, onde essas por sua vez detectam quando se tem corrente indo para lâmpada, verificando assim se a mesma está ligada ou desligada. A (Figura 11 c) apresenta um esquemático simplificado do circuito da parte elétrica do projeto.

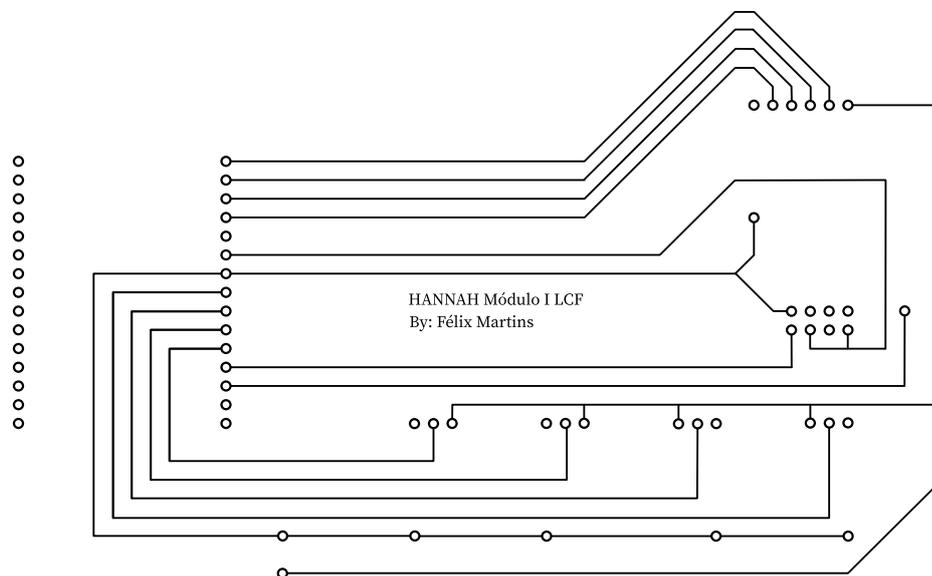
Figura 11: (a) *Shield* de Relés, (b) Sensor de corrente,
 (c) Esquemático simplificado de conexão dos interruptores



Fonte: elaborada pelo autor.

Para ter uma melhor qualidade de produto foi desenvolvido um circuito com intuito de desenvolver um Placa de Circuito Impresso, também conhecida como PCI, pois utilizando isso pode se deixar os componentes do sistema bem presos e também correr menos risco de ter problemas que mau contato, o que se pode ter ao utilizar *jumpers* e protoBoards. As PCIs também podem agregar muito quando se trata da impressão que o projeto passa a primeira vista, aparentando algo mais profissional e sofisticado. Pode se conferir o design da PCI do módulo na (Figura 12).

Figura 12 – Design da PCI do módulo I



Fonte: Desenvolvido pelo autor

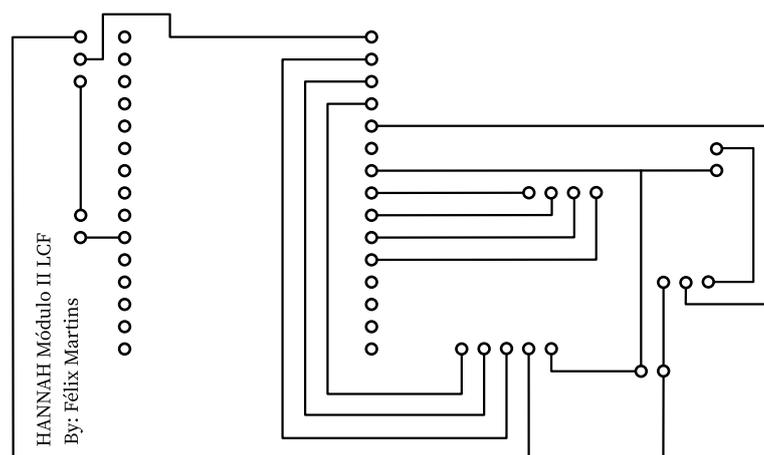
Por ser um trabalho em módulo e com fins didáticos, para facilitar que os futuros alunos possam desenvolver outros módulos sem ter grandes problemas com os protocolos de comunicação da rede deixei a comunicação com o roteador a ser tratado exclusivamente no módulo I, onde a comunicação dos módulos locais é tratada exclusivamente pelo ESP01 presente também no circuito do Módulo I na (Figura 11).

- Experimento 2 - Controle da persiana de PVC

O desenvolvimento do módulo II, controle da persiana, seguiu todas as fases de desenvolvimento já citadas anteriormente. Entretanto, nesse projeto foi adaptado um sistema de motorização a uma persiana convencional de pvc horizontal. Automatizada para que possa acionar a qualquer momento através de dispositivos

conectados à rede e que possuem um navegador de internet convencional, como *smartphones*, *tablets*, computadores. A adaptação da persiana realizada por Martins et al. (2019) foi implementada utilizando motores de passo fixados aos controles de abertura da persiana, isso para desempenhar o trabalho mecânico que seria realizada por uma pessoa, pois a persiana não é elétrica. O motor de passo utilizado foi o 28BYJ-48 já bastante utilizado nas práticas do LCF. Este motor é unipolar, funciona com uma alimentação de 5V e tem redução de 1/64, oferecendo um torque satisfatório para aplicações leves. A interface, com a placa ESP8266 NodeMCU, foi realizada com o driver de corrente ULN2003. Assim como o primeiro módulo, foi desenvolvido o design de um circuito para elaboração de uma PCI para o módulo II, que pode ser conferido na (Figura 13).

Figura 13 – Design da PCI do módulo II



Fonte: Desenvolvido pelo autor

● Experimento 3 - Controle IR

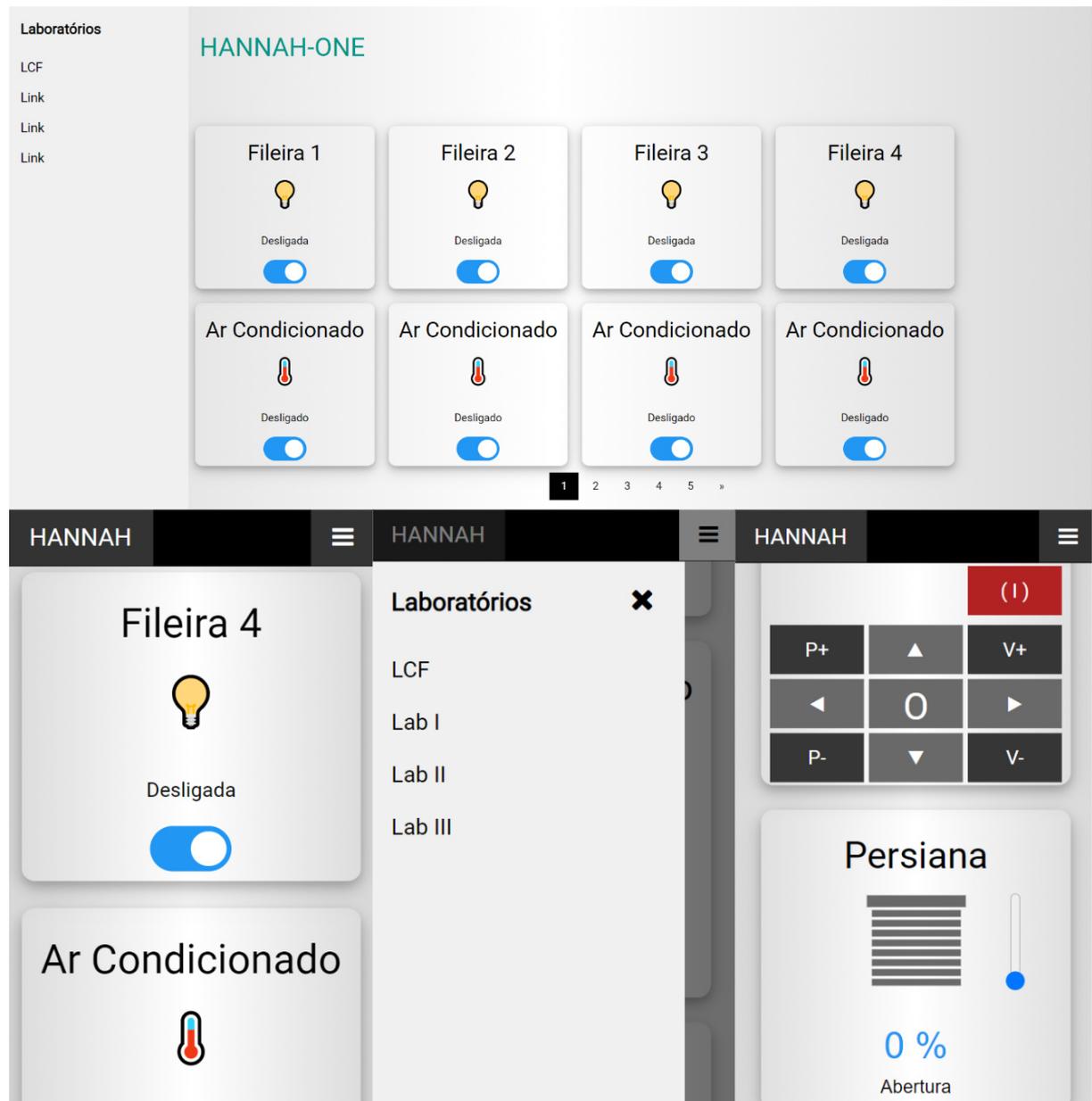
Também incluso no módulo II foi desenvolvido por Martins et al.(2019) com intuito de controlar o ar-condicionado, porém se percebeu o potencial de expandir suas funcionalidades para controlar outros dispositivos como uma Tv, aparelhos de Som ou qualquer outro aparelho, presente no ambiente e controlado por um IR. O desenvolvimento desse módulo exigiu a pesquisa dos padrões de codificação e decodificação de sinais IR, transformando o dispositivo em um verdadeiro controle universal IR, servindo de camada de controle para que qualquer dispositivo conectado, logado na rede local do LCF, possa realizar alterações nos parâmetros de climatização

da sala, como de outros dispositivos que possuem controle IR presentes no ambiente. Ao configurar um outro controle se pode controlar o projetor por exemplo, porém a distância entre o emissor IR utilizado no projeto e o aparelho deve ser curta para que não haja falha na comunicação, porém se trata da funcionalidade mais baratas, podendo encontrar tanto o LED emissor, como o LED receptor IR em Fortaleza por menos de 2 reais, facilitando assim a implementação de mais de um emissor IR no LCF.

- Controle dos Módulos.

Como mencionado anteriormente o controle dos módulos é feito através de uma página HTML hospedado na memória interna do NodeMCU presente no módulo I e que funciona como *WEB Server*. O desenvolvimento da página foi feita de forma minimalista na tentativa de simplificar bastante a interação do usuário. O controle dos diferentes dispositivos foram separados em *cards* seguindo o conceito modular do projeto, da forma que se possa adicionar ou remover *cards* para controlar diferentes dispositivos sem perder a consistência do produto. Trata-se de uma página responsiva de modo a atender bem os usuários tanto de computador, como de smartphones ou *tablets*. Na (Figura 14) podemos verificar que a página possui um menu a esquerda para escolha do Laboratório que pretende controlar, deixada ali reservada exclusivamente para trabalhos futuros. Esse menu é fixa nas telas mais largas como de computador e retrátil nas telas menos largas como dos *smartphones* convencionais.

Figura 14 – Página HTML visto pelo computador e *smartfone*



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

No final desses três semestres trabalhando no produto, houve muitas alterações, a exemplo das múltiplas trocas de tecnologias, de forma a trazer o mais simples e adequado ao projeto. Esse cuidado com o desenvolvimento de HANNAH visa proporcionar um entendimento mais claro aos alunos que pretendem dar continuidade ao projeto.

Em HANNAH, foram utilizados muitos recursos conhecidos e abordados nas cadeiras de SMD. Devido a isso, ele foi simplificado para permitir que um aluno que entenda o básico de HTML, de JavaScript e de Arduino, consiga criar um módulo para controlar remotamente

um recurso do Laboratório.

Por HANNAH desfrutar de *software* e *hardware* livre, existem muitos recursos disponível na internet, como comunidades nas redes sociais e blogs, que desenvolvem e explicam como funciona o Arduíno e NodeMCU, por exemplo. Diante dessa versatilidade de acessos a informações, o aluno tem a possibilidade de compreender como esses elementos funcionam, precisando, portanto, de um pouco de criatividade para, então, controlar novos recursos, sejam eles eletrônicos, como o ar-condicionado, ou mecânicos, como a persiana de PVC.

Apesar de existirem recursos que futuramente se objetiva aprimorar, o teste dos experimentos foram bastante satisfatórios, visto que se obteve sucesso ao controlar tudo que foi proposto inicialmente.

A respeito dos trabalhos futuros, pretende-se iniciar pela implementação de melhorias no módulo II. Quanto ao controle de persiana de PVC, o sistema guarda os estados que se encontra a inclinação da persiana, seja ela aberta, para entrar luz, ou fechada. No entanto, caso a persiana fique desregulada, ela precisará ser ajustada manualmente para que o sistema continue a funcionar da forma correta, pois só é guardado o estado alterado na página, visto que o sistema ainda não lê o estado real da persiana.

Para melhorar isso, foi pensado em acoplar um *encoder* rotativo (dispositivo electromecânico que reproduz pulsos elétricos a partir do movimento rotacional do seu eixo) preso à engrenagem, o qual muda o ângulo da persiana. Isso, permite, portanto, a leitura feita pelo sistema, o qual identificará qual o estado em que se encontra a persiana. Através disso, é possível ajustar o quanto é necessário girar a peça para chegar ao estado que o usuário pretende, e, com isso, elimina-se a necessidade da persiana ser regulado manualmente se o sistema ficar sem luz durante o processo de abrir ou fechar a persiana, por exemplo. No circuito do módulo II foi deixado o local para conectar o *encoder* normalmente utilizado em projetos Arduíno.

Quanto ao controle IR, a melhoria que se pretende implementar futuramente permitirá que não haja a necessidade de se programar todos os novos comandos IR os quais se pretende acrescentar ao sistema. Essa melhoria permite que o usuário, ao usar o controle de um produto que objetiva controlar, possa clonar os dados diretamente, e, assim, ler e gravar as informações em botões virtuais. Porém, isso é algo que requer uma maior atenção, além de que seria necessário a adaptação da parte referente ao controle, para, assim, dar suporte a essa funcionalidade.

Referente à expansão do projeto para acolher novos recursos, vale ressaltar que não é algo que possa ser pré-definido, visto que existe a possibilidade de inúmeras aplicações, de diferentes graus de complexidade. Como por exemplo, pode-se citar a implementar um *smart plug* como um novo recurso mais simples de ser adotado, que consiste, de modo breve, na substituição de uma lâmpada do módulo luz por um plug de tomada convencional. Essa troca permite, portanto, ligar e desligar remotamente esse elemento, controlando, desse modo, qualquer dispositivo ligado a ele. Para ampliar ainda mais o controle do *smart plug* e dos outros módulos pode se adicionar um sensor *RTC* no sistema, podendo assim, programar a hora que os mesmos podem ligar e desligar, sem precisar de intervenção humana. Outra implementação simples que poderia utilizar dos mesmos recursos da luz é a implementação de uma fechadura elétrica, pois as mesmas são acionadas controlando a eletricidade. Porém, essa fechadura teria que ser uma fechadura secundária, por questão de segurança, onde o mesmo poderia utilizar sensor *RFID* para ler as carteiras de estudante, assim os bolsistas poderiam ter acesso ao LCF quando a fechadura primária estivesse aberta.

REFERÊNCIAS

- AL-FUQAHA, Ala et al. **Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications**. *Ieee Communications Surveys & Tutorials*, [s.l.], v. 17, n. 4, p.2347-2376, 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/comst.2015.2444095>.
- KAUR, Karandeep. **A Survey on Internet of Things – Architecture, Applications, and Future Trends**. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8703341>>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. (2010); "**The Internet of Things – a survey**". *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. . **Anatel aprova consulta pública para diminuir barreiras à expansão de IoT e M2M no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/institucional/noticias-destaque/2333-anatel-aprova-consulta-publica-para-diminuir-barreiras-a-expansao-de-iot-e-m2m-no-brasil>. Acesso em: 23 set. 2019.
- Computers as Components, 2nd Edition, **Principles of Embedded Computing System Design**, Authors: Wayne Wolf, ISBN: 9780080886213, Published Date: 2nd June 2008. Page Count: 544.
- DAVE EVANS. **A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. 2011. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2019.
- Domingo, M. C. (2011); "**An overview of the Internet of Things for people with disabilities**". *Journal of Network and Computer Applications*, 35 (2), 584-596.
- MARTINS, Félix; SANTOS, Clemilson; COUTINHO, Emanuel; PAILLARD, Gabriel; MOREIRA, Leonardo. **IoT Laboratory for a course in Systems and Digital Medias**. EATIS. Aveiro. 1 dez. 2019.¹
- Miorandi, D.; Sicari, S.; Pellegrini, F.; Chlamtac, I. (2012); "**Internet of things: Vision, applications and research challenges**", *Ad Hoc Networks* 10: 1497–1516.
- OLIVEIRA, Samuel Silva de; KNISS, Janine. **Arquitetura Baseada em Internet das Coisas para Medição e Monitoramento de Resíduos**. 2018. Disponível em: <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/download/12744/7228>>. Acesso em: 3 nov. 2019.
- PHILHOWER, Earle F.. **ESP8266 Web Server**. 2019. Disponível em: <<https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/libraries/ESP8266WebServer>>. Acesso em: 4 nov. 2019.

¹ Artigo aceito para apresentação na *EATIS 2020 10th Euro American Conference on Telematics and Information Systems*.

RODRIGUES, Fábio Figueiredo; KLEINSCHMIDT, João Henrique. **Estudo de Aplicações da Internet das Coisas em um Ambiente Acadêmico**. 2014. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a14v35n13/14351309.html#arquitectura>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 24 out. 2020.

VISSER, Willemien. **The Cognitive Artifacts of Designing**. Mahwah: Nj Lawrence Erlbaum Associates, 2006.

WEISER, Mark. **The Computer for the 21st Century**. 1991. Disponível em: <<https://www.lri.fr/~mbl/Stanford/CS477/papers/Weiser-SciAm.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2019.