

PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT**TEMA: SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES CLIMATIZADOS**

Nome do discente	HILTON BARROS DE CASTRO
Orientador	DR. JANDECY CABRAL LEITE
Data de ingresso: 23/03/2023	Natureza da produção: Eficiência Energética em Ambientes Climatizados
Data de conclusão: 31/01/2022	Financiamento, se houver: Não se aplica

1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:

A eficiência energética vislumbra o aprimoramento de técnicas e tecnologias com o objetivo de melhorar o consumo de energia elétrica, sendo cada vez mais palpável esse consumo de forma a permitir um melhor uso deste recurso na busca de fazer mais com menos a partir da eficiência dos aparelhos consumidores e a consciência das pessoas envolvidas.

O Brasil possui um programa intitulado PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e administrado pela Eletrobrás (PROCEL INFO, 2006). Este programa tem como objetivo combater os desperdícios de energia elétrica. Com esse programa, o Brasil busca trilhar o caminho da eficiência energética. Grande parte da energia produzida no Brasil vem das fontes das usinas hidrelétricas, que apesar de ser considerada uma energia limpa, possui impactos ao meio ambiente. Isso acontece porque o processo de produção demanda um grande volume de água, que é armazenada em grandes reservatórios, os quais são modificados pela engenharia para comportar tais quantidades e controlar sua vazão.

Ademais, no que tange ao grau de devastação ambiental, a intensidade dos impactos sociais e aos artifícios burocráticos utilizados em prol dos empreendimentos, as usinas de Jirau, de Santo Antônio, de Belo Monte e de Teles Pires foram as mais midiáticas do período lulista e as mais atingidas pela ação da sociedade civil organizada, que contou com a participação de associações de base de pessoas afetadas e organizações internacionais ambientais e de direitos humanos, gerando um aumento significativo do valor dos projetos. O custo da barragem de Belo Monte, por exemplo, foi o dobro da estimativa inicial do Governo. Isso demonstra que as ações ambientais, de fato, impactaram na consecução dos projetos e levaram a mudanças de rota, como abandono das políticas para construção de grandes reservatórios, mas também revelam a insistência do governo em seguir com as UHE, mesmo quando as exigências ambientais as tornavam inviáveis economicamente (MONTEIRO *et. al.* 2018).

Os caminhos adotados buscam uma melhoria no consumo, mas não necessariamente na redução do uso de equipamentos, pois o propósito da eficiência energética é encontrar formas de não ter desperdícios de consumo, já que os custos e os impactos causados pela produção afetam toda a sociedade. A eficiência energética e as energias renováveis são “os dois pilares” principais de uma política energética sustentável. Sendo o PNEf, segundo a EPE, definido pelo conjunto de ações que reduzem a quantidade de energia utilizada para concepção de produtos e serviços (PNEF2030, 2010).

Não só o Brasil, mas muitos países estão em busca de melhorias no consumo de energia elétrica. Segundo Castro, o quadro de Pontuação Internacional de Eficiência

Energética de 2018 examina as políticas de eficiência energética e o desempenho de 25 dos principais países consumidores de energia do mundo. Juntos, esses países representam 78% de toda a energia consumida no planeta e respondem por mais de 80% do produto interno bruto (PIB) mundial em 2014 (CASTRO, 2018, p.8). Isso mostra uma preocupação com o consumo de energia elétrica nos países que possuem o maior consumo, e que a energia está ligada diretamente ao PIB.

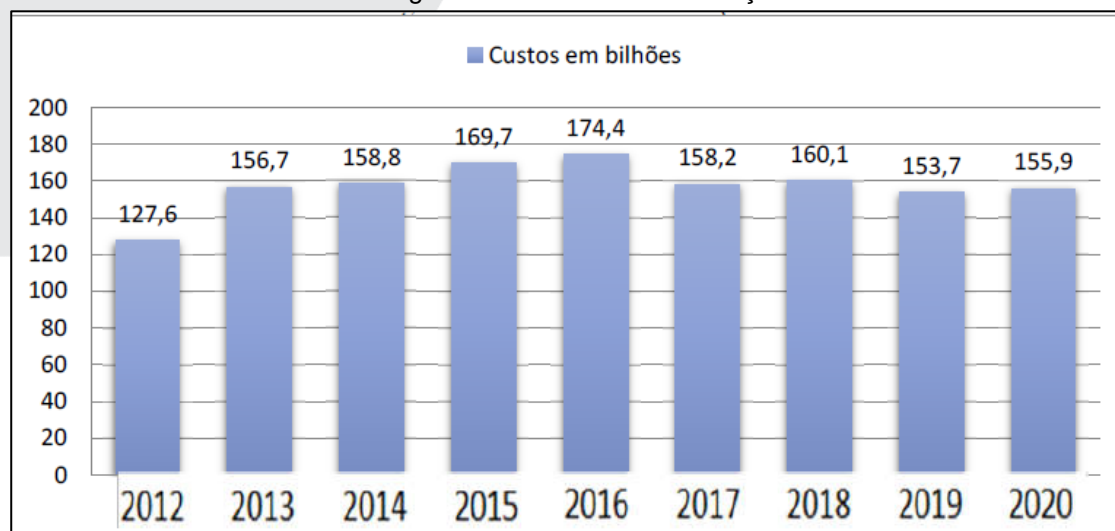
ESPECIFICAÇÕES DO PROBLEMA DA PESQUISA

Os custos com consumos fixos na instituição, a qual foi realizado este estudo de caso, perpassa pelas necessidades essenciais que permita a manutenção das atividades inerentes à sua função, entre esses gastos computam-se os dispêndios com a manutenção de aparelhos eletrônicos, assim como sua reposição, dentre eles destacam-se materiais de informática e aparelhos de ar-condicionados. Esses ativos também são grandes consumidores de energia elétrica, sendo que além desses, outro equipamento que fazem parte dos indispensáveis são os de iluminação, totalizando um custo mensal de aproximadamente oito mil reais.

A instituição ainda possui dois contratos de alto custo, um destinado a serviços de limpezas, os quais são denominados de apoio terceirizado, e outro para prestação de serviços de segurança, custando anualmente acima dos 400,000 quatrocentos mil reais. São serviços legais que foram contratados com base nas leis de licitação, não podendo a gestão, sem força de lei, conseguir qualquer redução de valores.

A instituição ainda conta com recursos do PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) para aportar com parte dos custos com a alimentação dos alunos que fazem o ensino integrado, cabendo à complementação dos recursos de outras fontes. Assim, com base em dados do MEC (Ministério da Educação), houve uma redução de orçamento, nos últimos anos, para as instituições de educação pública nacional, fazendo com que haja uma busca pela otimização de recurso com intuito de readequação das despesas. A Figura 1, apresenta um gráfico dos investimentos na educação no período de 2012 a 2020, a partir de informações retiradas dos sites do Governo Federal.

Figura 1- Custos com a educação.



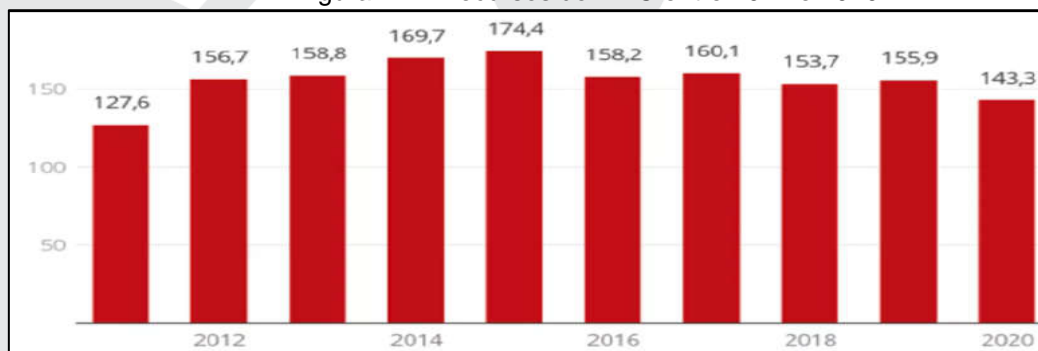
Fonte: AUTOR, ADAPTADO SIEFI (2021).

JUSTIFICATIVAS DA PROPOSTA APRESENTADA

Esse trabalho justifica-se pela escassez de recursos no serviço público, em especial na Educação, uma vez que em 2019 houve contingenciamento dos recursos em mais de quatro bilhões, Segundo Mauriti, *et al.*, (2015). A presente pesquisa procura perceber em que medida as mudanças que têm sido implementadas no âmbito das políticas econômicas

de austeridade alteraram, ou não, o princípio de universalidade de direitos e as garantias associadas de acesso por parte de todos os cidadãos. Neste sentido, focalizam-se, especificamente, os efeitos sociais dessas políticas no setor da educação. A análise tem por base alguns dados substantivos que apontam para a progressiva redução do Estado enquanto prestador de serviço direto na área da Educação, integrada no que Pierre Bourdieu (1998) denominou como função da “mão esquerda”. As análises aqui desenvolvidas decorrem no âmbito do programa de investigação “Eficiência e equidade na construção do serviço público: a qualidade do Estado social em questão” (Estudos OD, CIES-IUL), e dão continuidade a um trabalho anterior sobre os processos de reconfiguração das “mãos do Estado” (cf. Botelho e outros, 2014 e 2015).

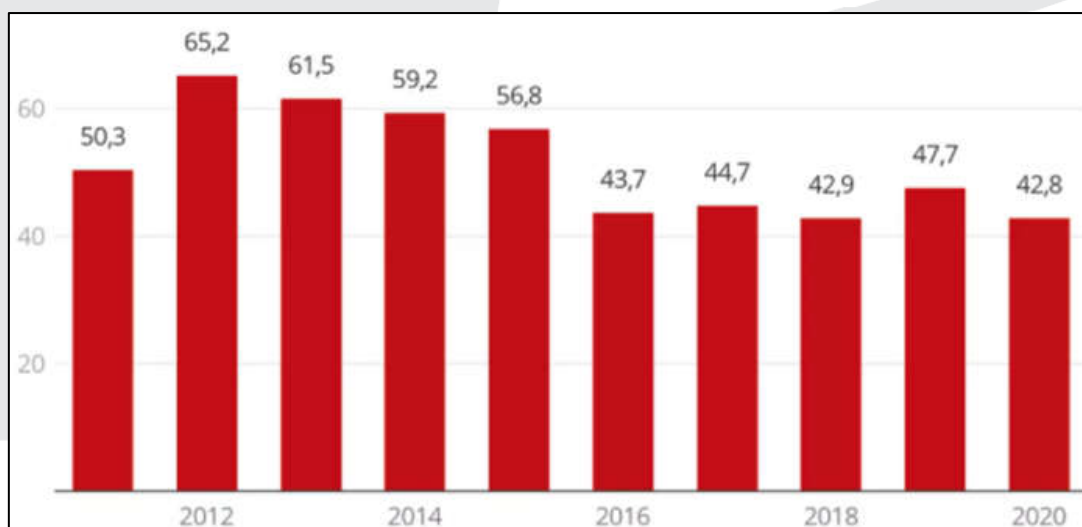
Figura 1.2 - Recursos do MEC entre 2012 e 2020.



Fonte: SIEFI (TESOURO NACIONAL), (2021).

Mais difícil ainda está a situação da Educação Básica, que há mais de 10 anos não se tinha um orçamento tão baixo com menos de 43 bilhões.

Figura 1.3 - Custos com a Educação Básica.



Fonte: SIEAFI (TESOURO NACIONAL), (2021).

Para os administradores, é hora de fazer mais com menos, pois a população, segundo o IBGE, vem crescendo ao contrário do orçamento que, segundo o Censo, é de 211,8 milhões em 2021 (CENSO2021. IBGE.GOV.BR). O experimento busca, por meio do uso de algoritmos computacionais inteligentes e sensores de infravermelho, aproximação e temperatura, além de emissor de sinal analógico, manter os ambientes climatizados apenas quando necessário. O que se busca com isso é a economia de recursos financeiros, atuando diretamente sobre o funcionamento dos aparelhos de climatização, sem a interferência humana, pois os usuários podem deixar os aparelhos ligados, mesmo sem a presença de alguém para seu uso. Assim, caso haja a necessidade de manter uma temperatura mínima no ambiente, o sistema estará apto para receber implementação de algoritmo e de tecnologia.

CONTRIBUIÇÃO E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Este estudo torna-se importante por contribuir com o desenvolvimento e evolução das tecnologias emergentes que visam diminuir o consumo de energia elétrica, gerando uma economia para a instituição na qual está implantada. Além disso, aumenta a vida útil dos equipamentos controlados, visto que serão ligados apenas quando houver a presença de pessoas, ou ainda amenizar a temperatura ambiente em situações que for necessário manter um clima ameno. Isso tudo permitirá uma diminuição do impacto causado pela produção de energia, uma vez que, segundo o sítio web www.epe.gov.br, a matriz energética de fontes renováveis mundial tinha produção de apenas 2% oriundos das fontes como a solar, eólica e geotérmica e que se somando à participação da energia hidráulica e da biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 14%.

Assim, essa pesquisa torna-se relevante para a diminuição dos gases que causam efeito estufa, como também na diminuição da demanda de produção energética. Vale dizer que, no Brasil, a maior parte da energia produzida vem das hidrelétricas que, apesar de considerada fonte limpa, causa grandes impactos ao meio ambiente em sua construção. Por isso, essa pesquisa, que será realizada com baixo custo de investimentos, utilizando material de hardwares (Arduino) e softwares para a operação vai a favor dos anseios sociais crescentes para que a indústria busque soluções que evitem impactar o planeta de forma negativa.

Nível de Desenvolvimento da Pesquisa

Presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um sistema computacional de baixo custo para reduzir o consumo de energia elétrica dos aparelhos de ar-condicionado. Protótipo com o uso de sistemas embarcados que possa aferir a temperatura em um ambiente fechado, realizar ajustes no(s) aparelho(s) de ar-condicionado, monitorar a entrada e saída de pessoas para iniciar ou finalizar o uso dos aparelhos no IF. A escolha desse estabelecimento para fins de pesquisa se deve ao fato de ser uma instituição pública. Sendo assim, caso haja benefício, será para a toda a sociedade que paga e que usa o ambiente. A economia do consumo elétrico e o alcance do conforto térmico em ambiente institucional, onde os experimentos serão instalados, serão alcançados a partir da implementação de equipamentos eletrônicos que serão objetos de observação para o propósito, ou seja, sistemas embarcados (*embedded systems*). Esses sistemas eletrônicos suportam a construção de programas (softwares), os quais serão desenvolvidos para fazerem a comunicação entre equipamentos. Além do mais, há que se considerar a contribuição para a diminuição do aquecimento global, para a geração de energia e para a economia brasileira, que serão diretamente beneficiados em caso de sucesso.

Segundo o CNPq, há oito grandes áreas de conhecimento, são elas: 1 Ciências Exatas e da Terra, 2 Ciências Biológicas, 3 Engenharias, 4 Ciências da Saúde, 4 Ciências Agrárias, 5 Ciências Sociais Aplicadas, 6 Linguísticas, 7 Letras e Artes, 8 Ciências Humanas. Este projeto transcende duas grandes áreas, sendo a área 1 e 3. Segundo Gil, as grandes áreas são subdivididas em áreas e cada área em subáreas, que, por sua vez, também são subdivididas em especialidades (GIL. 2010. pg. 26). O Quadro 1.1 apresenta algumas subáreas de Ciências Exatas e da Terra.

O Quadro 1.1 apresenta algumas subáreas de Ciências Exatas e da Terra.

Metodologia e Técnicas da Computação	Teoria da Computação
Linguagens de Programação	Computabilidade e Modelos de Computação
Engenharia de Software	Linguagem Formais e Autômatos
Banco de Dados	Análise de Algoritmos e Complexidade de Computação
Sistemas de Computação	Lógicas e Semântica de Programas
Hardware	Matemática da Computação
Arquitetura de Sistemas de Computação	Matemática Simbólica
Software Básico	Modelos Analíticos e de Simulação

Fonte: AUTOR, ADAPTADO DO CNPQ.

2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:

ESTADO DA ARTE

O presente estudo tem como objetivo abordar uma revisão bibliográfica com abordagens que inferem diretamente no objeto deste estudo. Um estudo recente da União Internacional de Telecomunicações (UIT, 2021), cerca de 3.9 bilhões de pessoas têm se conectado a dispositivos eletrônicos, tornando-se um padrão, em especial nos países desenvolvidos, coordenar estruturas programadas por meio de aplicativos sem fio tanto em casa como nas organizações. Esses eletrônicos dependem diretamente de fontes de energia, a qual torna-se um ativo muito valioso. Fazer uma gestão eficaz desses ativos permitirá que, principalmente, a população com menos recursos possa usufruir bem mais dos confortos propiciados com sua alimentação elétrica.

Os aparelhos de ar-condicionado são os vilões do consumo de energia elétrica em regiões quentes como no Amazonas. Entretanto, o uso desses equipamentos está atrelado diretamente ao conforto e à necessidade de economia dos recursos financeiros.

CONFORTO TÉRMICO: CONCEITOS BÁSICOS E APLICAÇÕES NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Conforto, segundo o dicionário on-line, Dicio, é o ato ou efeito de confortar (-se). (www.dicio.com.br, 2021). Já o termo térmico, também segundo o mesmo dicionário, é um adjetivo relativo às termas ou a calor em que se acentua a temperatura. A palavra confortável transmite um estado de bem-estar, levando a crer que, se o indivíduo está neste estado, ele é capaz de continuar sem sentir incômodo com o(s) objeto(s) ou local onde se encontra e que, além disso, é indesejável para o ser e que, quantos afastar-se do conforto mais incomodado e insuportável será.

Para a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Ashrae e Fanger (1970), o conforto térmico é como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.” Um dos métodos mais difundidos para pesquisa de conforto térmico é o método Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), desenvolvido e aplicado pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado por Lin et. al. (2020). Fanger usou um laboratório para implementar sua pesquisa onde participaram de suas experiências 1300 pessoas. Com isso, Fanger estabeleceu uma equação que lhe permitiu, a partir dos dados extraídos, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (VME) quando elas são expostas a uma determinada combinação de variáveis. O VME é dado na seguinte escala de sensações térmicas.

A Figura 2. apresenta as diferenças entre os métodos PMW e VME.

PMV ou VME usado por FANGER	
+	3
+	2
+	1
0	0
-	1
-	2
-	3

Fonte: AUTOR ADAPTADO DA TÉCNICA USADA POR FANGER.

Para a obtenção do resultado, foi relacionado a quantidade de pessoas descontentes com o ambiente, a tabela VME, com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI). Já a norma ASHRAE publicou em seu site, em outubro de 2017, uma nova versão da norma referente ao conforto térmico, publicada em 2013. Entre as principais alterações da revisão, está a inclusão de cálculos da radiação solar direta (ANSI/ASHRAE, 2017).

Segundo a norma, ela fez adequações nos modelos mais antigos que foram publicados.

A nova norma – ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy– simplifica a linguagem anterior e esclarece três abordagens de cálculo para o conforto térmico: método gráfico para situações simples; método analítico para casos mais comuns; método que recorre à velocidade do ar para providenciar conforto. Além disso, a grande novidade está também na inclusão de um novo requisito para incluir o impacto da radiação solar direta.

A ASHRAE foi fundada em 1894 e se firmou como uma organização no setor de aquecimento, arrefecimento, ventilação e ar-condicionado, segundo a própria instituição. “Entre os seus principais contributos está o desenvolvimento de normas e standards, contando para isso com a participação voluntária de especialistas de renome do setor internacionais” (INFOSHAREPOINT.GEOTERME.COM, 2021). Ainda em uma versão anterior, a norma ASHRAE 55 deixava a definição de conforto em aberto, o que se entende por condição da mente ou satisfação, mas enfatiza corretamente que o conforto é um processo que envolve muitos insumos cognitivos, influenciados por processos físicos, fisiológicos, psicológicos e outros.

Em sua dissertação de mestrado, Barbosa faz uma síntese sobre a temperatura corporal baseado nos entendimentos de Ruas. O homem é um ser homeotérmico que possui sua temperatura corporal constantemente dentro de certos limites, independente da temperatura ambiente. Para manter a temperatura interna dentro desses limites, há a necessidade permanente de equilíbrio térmico entre a temperatura do corpo (homem) e o meio envolvente que influencia na temperatura. Portanto, se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e a sudação estiverem dentro de certos limites toleráveis, pode-se dizer que o homem se encontra numa situação de conforto térmico (BARBOSA, 2013).

O ser humano entende que a sensação térmica está relacionada com sua temperatura corporal e que esse equilíbrio pode oferecer uma sensação de conforto. Este equilíbrio é influenciado pela atividade física e pelo vestuário, bem como pelos parâmetros ambientais. “Quando esses fatores forem estimados ou medidos, a sensação térmica para o corpo como um todo pode ser prevista através do cálculo do voto médio estimado” (PMV), (FANGER, 2019). A preocupação científica do Homem com relação ao conforto térmico vem de longa data. Ruas (1999) cita o pesquisador Walter Bernan que, em 1845, já previa um

futuro promissor com os avanços tecnológicos desenvolvidos com este propósito (SILVA, DJANINE DOLOVET MARTINS, *et.al.*, 2019).

ECONOMIAS DE ENERGIA: Uma redução no consumo de energia não renovável e mudanças nas fontes de produção além de um consumo consciente das energias tem provocado debates ferrenhos entre os defensores do clima e governos de todo o mundo. Segundo os especialistas, os impactos ambientais e as mudanças no clima dependem diretamente da produção e exploração dos recursos como os energéticos. Yang *et.al.* (2014) afirmam que os edifícios são responsáveis por 40% do consumo global de energia e que a maior parte dessa energia é utilizada para promover o conforto térmico via climatização artificial. Portanto, percebemos que a sociedade não se limita em ter apenas um ambiente confortável, mas há uma exigência de continuidade de uma adequação térmica que combine com o ambiente e temperatura. Ainda para Yang *et. al.* (2014), os novos avanços das ciências computacionais permitem a construção de novos modelos para simulações e teste em ambientes climatizados para seres humanos, como o caso dos sistemas HVAC.

O software de simulação de construção de primeira geração é baseado em formulações analíticas com muitas suposições simplificadoras. A geração atual simula o desempenho não linear de múltiplos aspectos de edifícios com base em métodos numéricos de integrações de partículas. Os modelos de construção são descontínuos no que diz respeito a alguns parâmetros de instalação para software de simulação, como *EnergyPlus* e *Trsys*, usa algoritmos adaptativos e lógica de condição (YANG *et. al.*, 2014).

No caso de mínimo alto simulado, a zona gasta quase 70% das horas no ponto de ajuste de aquecimento, o que sugere que o superesfriamento ocorre na simulação com grande frequência. No caso de mínimo alto, isso ocorre apesar do fato de a taxa de fluxo de ar do terminal estar sempre em seu mínimo. Isso sugere que todos os resfriamentos nesta zona são realizados pela taxa mínima de fluxo de ar, e efetivamente resfriar o espaço quando a carga de resfriamento não for grande e a bobina de aquecimento do terminal não está ativa. No caso do mínimo baixo, um fenômeno semelhante ocorre em menor grau. Há algum fluxo de ar elevado na faixa de 0,24 m³ / s (500 cfm) que é uma zona que requer uma taxa de fluxo de ar mais alta para atender a uma carga de resfriamento maior.

O monitoramento para controlar ambientes permite uma gestão mais eficaz no consumo de energia. S. Dhanalakshmi *at. al.*, afirmam que “fatores como CO₂ e temperatura podemos controlar o sistema HVAC do espaço de trabalho para obter o ambiente adequado para o trabalho e economizar energia com o auxílio da política de gestão de energia “o conforto e o bem-estar em um ambiente vai além de uma temperatura ideal, mas, componentes como partículas de poeira, CO₂ outros gases podem ser monitorados através de tecnologias de sensores para uma adequação melhor do ambiente”. De acordo com os padrões da Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado, (ASHRAE) 1000 ppm foi recomendado como limite superior para o CO₂ interno. Portanto, é necessário monitorar o CO₂ concentração dentro da sala para conforto do usuário e para resolver problemas de saúde devido à má qualidade do ar.

Neste trabalho, o sensor MHZ14-A de CO₂ é usado, o qual funciona no princípio do infravermelho não dispersivo (NDIR) para detectar a existência de CO₂ no ar. Para manter a temperatura e aumentar o conforto do usuário, o LM35 é instalado para detectar a temperatura ambiente. Sensores infravermelhos são usados para detectar movimentos e calor de objetos para automatizar aparelhos elétricos dentro do corredor e sensores de corrente são usados para medir o consumo de energia de cada aparelho. Os valores detectados de sensores integrados são enviados para o Google Firebase, usando o microcontrolador ESP32, que possui um módulo *wi-fi* embutido. Alguns dos dados detectados podem ser visualizados usando a interface de programação de aplicativo Blynk e algumas saídas podem ser usadas diretamente para automatizar luzes e ventiladores (S. DHANALAKSHMI, 2019).

SOFTWARES LIVRES: Softwares livres são conjuntos de programas que possuem núcleos abertos permitindo que o usuário faça alteração em seus algoritmos, criando novas funcionalidades de interação com sistema ou mesmo com os usuários.

A diferença entre os softwares livres ou de código aberto para os de códigos fechados é que o segundo apenas os desenvolvedores de direito, ou seja, seus criadores possuem o código fonte enquanto os demais usuários só têm acesso ao código fechado conhecido como código executável. A utilização de software livre pelo usuário, segundo Xavier (2011), tem a liberdade de executar o programa para qualquer propósito. Um grande passo no avanço das tecnologias de código aberto ocorreu quando o advogado norte-americano Lawrence Lessig criou a licença *Creative Commons*, com o intuito de permitir que autores pudessem criar obras que pudessem ser compartilhadas, sem que houvesse restrições ao conhecimento.

Segundo Filho (2015, p. 27), as licenças *Creative Commons* foram idealizadas para dar permissão e restrição a distribuição de conteúdos culturais em geral (textos, músicas, imagens, filmes e outros) para que estes possam ser disponibilizados a todos os usuários de acordo com a atribuição do seu autor. A organização não-governamental *Creative Commons*, [...] criou seis licenças de uso regular que garantem os direitos de execução, reprodução e distribuição de obras de acordo com a seleção de quatro condições: créditos ao autor da obra, uso não comercial, não permissão de obras derivadas compartilhamento pela mesma licença.

INDÚSTRIA 4.0: A quarta revolução industrial ou indústria 4.0 envolve o aumento da informatização na indústria de transformação, com máquinas e equipamentos totalmente integrados em redes de internet. Como resultado, tudo pode ser gerenciado em tempo real, até mesmo a partir de locais diferentes. “Inteligência artificial, robótica, análise de dados e a internet das coisas trabalham de forma integrada” (ABDI, 2017).

Os termos de indústria 4.0 tornaram-se amplamente discutidos em diversos meios já há alguns anos, principalmente em setores da indústria e negócios. Esses conceitos também permeiam os congressos e universidades apresentados por consultores e especialistas em inovação e modernização de processos de alto nível. A intenção é atrair interessados em seguir com o aprendizado a fim de aplicar em seus negócios ou mesmo empreendedores que vislumbram as características evolutivas dos processos de construção com o apoio tecnológico de alta complexidade, mas que trazem uma perspectiva animadora das novas fontes de conhecimento empregadas nesta área, como negócios mais eficientes com foco abrangendo desde a captação de matéria para a produção ou entendimento do serviço até o destino final, ou encerramento do ciclo de vida do produto ou serviço, buscando sempre modelos de negócios e eficiência operacional. Muitas empresas, principalmente na Alemanha, estão cientes das necessidades evolutivas da indústria e muitas já implementaram algumas iniciativas concretas. Mas ainda se tem um longo caminho a percorrer e para algumas indústrias o assunto ainda é desconhecido.

A indústria começou a se desenvolver deixando de lado o processo artesanal ou pelo menos parte dele a partir de 1784, pois até então essa produção era feita em casa e totalmente artesanal, daí em diante começou a surgir criação dos produtos manufaturados. Uma das primeiras tecnologias a impulsionar essas produções foram as entradas das máquinas vapores ao tear manual, com isso, deu-se início a primeira revolução industrial. Muitas melhorias significativas foram adicionadas, mas ainda se levou mais de oito décadas para surgir a nova revolução.

O uso comercial de energia elétrica começou em 1882, porém já estava sendo implementada em algumas fábricas no processo de iluminação o que deu início na segunda revolução em 1870, quando passou-se a utilizar a energia elétrica para acionar linhas de produção, revolução esta que ainda teve sua expansão marcada pela utilização dos conceitos /de linha de produção de montagem do Ford T.

INTERNET DAS COISAS: Internet das coisas foi um termo usado a primeira vez em 1999 pelo executivo Kevin Ashton, em uma palestra na Procter & Gamble (P&G), em 1999. Na

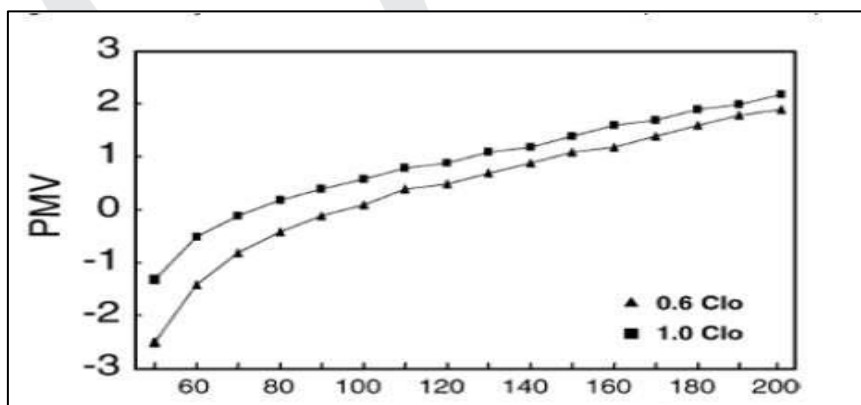
ocasião, Kevin falava sobre a futura comunicação entre as coisas, tornando-se uma realidade, mas ainda há muito a ser feito. Porém, os seguimentos tecnológicos como a internet, sensores e a capacidade de processamento dos equipamentos eletrônicos permitem a cada ano um grande avanço neste caminho, podemos citar alguns mais populares como um leitor de cartão em uma fábrica que salva e disponibiliza essa informação, como uma panela de pressão capaz de enviar um sinal ao fogão para desligá-lo. Assim, a internet das coisas é a comunicação entre objetos conectados entre si por meio da internet. Sobre a internet das coisas, Kevin Astho afirma que, atualmente, estamos prestes a testemunhar o surgimento de um “megamercado”, onde mercados como automação residencial e predial, geração de eletricidade e distribuição, logística, automotivo, bem como telecomunicações e informação a tecnologia convergirá continuamente. Por enquanto, não sabemos as consequências de uma conexão entre todos esses objetos inteligentes (medidor inteligente, veículo eletrônico, contêiner de carga, frigorífico, etc.) para a Internet (KRAMP, et. al, 2013. p. 1-10.).

CONFORTO TÉRMICO: Conforto térmico, tido como uma sensação humana depende diretamente de fatores psicológicos, físicos e fisiológicos. Psicológicos: são fatores que se relacionam com as diferenças na percepção e resposta de estímulos sensoriais, remetendo-se a antigas experiências do indivíduo. Físicos: são fatores que determinam as trocas de calor dos corpos com o meio. Fatores fisiológicos: referem-se às mudanças nas respostas fisiológicas do organismo, ação estimulada pela exposição do indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

AMBIENTES CLIMATIZADOS: Conforto térmico é uma temperatura que causa bem-estar ao indivíduo em um ambiente. Uma mesma temperatura pode dar sensação diferente a indivíduos distintos. Em um ambiente fechado, as condições de conforto térmico podem ter grandes variações. Para este trabalho, busca-se uma temperatura média confortável entre diversos indivíduos.

Para Rojas (2020), “a norma ISO 9241, estabelece que uma temperatura ideal esta entre 20 e 24 graus celsius no verão e 23 e 26 no inverno”. Essas informações serão usadas para auxiliar nas funcionalidades propostas para a construção de um dispositivo que visa aperfeiçoar o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado do local usado como estudo de caso deste trabalho. As condições de temperaturas foram determinadas com base no índice PMV e norma ISO 7730, que propõe a satisfação térmica em ambientes fechados. Para Oliveira (2008), conforto térmico é “aquela condição mental na qual é expressa a satisfação com o ambiente térmico”. Ashrae (2017), expressa o seguinte pensamento: “conforto térmico é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, 2017). A Figura 2.1 representa as inconsistências de conforto térmico analisado com o uso da técnica PMV.

Figura 2.1 -variação de erros do PMV.



Fonte: HAVENITH *et al.* (2002, p.590).

Havenith et.al. (2002) demonstra, através da figura acima, que um erro em torno de 15% na da taxa metabólica desta variação pode levar a erros no PMV maiores que 0,3, dependendo de outras condições. Dessa forma, “destaca-se a necessidade de uma medida precisa da taxa metabólica para uma análise de conforto apurada” (AVELINO, 2005). Alguns conceitos como de Guyton e Hall (2006) diz que o calor resultante da totalidade das reações químicas que ocorrem no organismo. De acordo com Daghigh (2015), Djongyang et.al. (2010), Olesend e Parsons (2002) e Havenith et. al. (2002), ele é um dos parâmetros menos conhecidos e mais difíceis de estimar com precisão em estudos de campo.

Siqueira e Silva (2015) explicam que parte da energia metabólica gerada é transformada em trabalho na execução de uma tarefa, mas o rendimento do corpo é muito baixo (raramente chega a 0,2) de forma que 80% da energia gerada pelo corpo serão transformados continuamente em calor como produto de combustão (AVELINO, 2005). Assim, a proposta visa manter uma condição estabelecida e ajustável da temperatura ambiente.

PROBLEMA: O IFAM-Manacapuru possui 432 alunos distribuídos nos turnos matutino, vespertino e noturno, além de um grupo de servidores formado por técnicos, equipe de segurança, equipe de apoio e professores, que são 56, totalizando 488 pessoas. As atividades ocorrem de segunda a sábado, quando esses são considerados dias letivos que possuem no mínimo 200 a cada ano, atendendo às diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Há setores que funcionam prioritariamente em horário administrativo, como o DAP- Departamento Financeiro, CRA (Controle de Registro Acadêmico), a biblioteca, que possui funcionamento em horário do dia e até o turno noturno, assim como o Setor Pedagógico.

A instituição funciona praticamente todos os dias, mas o atendimento ao público e as aulas se dão nos dias úteis e letivos, ou seja, de segunda-feira a sexta-feira. Alguns setores possuem bastantes atividades e grande espaço, como a biblioteca, que mede cerca de 120 metros quadrados e está equipada com dois ares-condicionados do tipo Split de 18.000 BTUs cada. Este ambiente não possui um responsável por desligar os aparelhos ao final do expediente. Este setor possui, além dos das obras literárias, um laboratório de uso geral e uma sala que guarda materiais pedagógicos, ficando, assim, muitas vezes ligados de uma noite para o dia seguinte sem público a ser atendido, gerando um custo desnecessário com o uso dos equipamentos e o consumo de energia elétrica que causam grande impacto no orçamento do campi.

SOLUÇÃO: Com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica e aumentar o tempo de vida dos equipamentos de ares-condicionados e com isso gerar economia para a instituição, propõe-se um sistema que automatize o controle da temperatura ambiente, usando interação com os ares-condicionados, podendo, assim, regular a temperatura, ligar e desligar os aparelhos.

Para desenvolver o sistema proposto, valeu-se da engenharia de software, lógica de programação, hardware e eletrônica para a construção do protótipo de controle. Segundo a Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica (ABRADEE), do total pago na conta de luz no Brasil, 44,5% referem-se a encargos e tributos. Outros 35,7% correspondem ao preço da energia, 16,9% são o custo de distribuição e 2,9% de transmissão. O maior valor da tarifa de energia residencial está na Região Sudeste, onde o preço médio é de R\$ 488 por MWh e o menor valor é no Nordeste, onde o MWh custa R\$ 437 (SILVA, 2019).

3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo destina-se à apresentação dos materiais necessários ao desenvolvimento da pesquisa, contemplando os elementos essenciais para o desenvolvimento de um sistema de controle de temperatura e equipamentos afins, com a finalidade de contribuir com a redução do consumo de energia na instituição.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

Para tal experimento, usou-se um conjunto (kit) de programação e montagem robótica “ARDUINOS”, desenvolvendo, assim, um protótipo computacional. O algoritmo tomará um conjunto de decisões a partir de informações advindas de sensores como de infravermelho, temperatura e distância, que visam monitorar o acesso de pessoas ao ambiente, além de um emissor de sinal que pode aumentar diminuir ou desligar o aparelho de ar-condicionado.

3.3 CARACTERIZAÇÃO E DESIGN DA PESQUISA

O IFAM, objeto desta pesquisa, localiza-se na estrada Manoel Urbano, bairro Nova Manacá, cidade de Manacapuru-AM. A estrada, na qual o edifício margeia, possui grande fluxo de veículos (conhecida também como AM 070) A menos de meio Km, há um balneário tido como o um dos pontos turísticos da cidade. O município está localizado às margens do rio Manacapuru, o qual deságua no rio Solimões, formando um encontro das águas, por possuírem cores deferentes. Isso ocorre em frente da cidade e, por ser banhada por estes rios, é também conhecida como a Princesinha do Solimões. O prédio do IFAM é cercado por arborização que seguem até à margem do lago do Miriti.

Os espaços usados para realizar os experimentos foram; sala da biblioteca e a sala das Coordenações de Cursos, que são: Técnico Integrado em Informática; Técnico Integrado em Recursos Pesqueiros; Técnico Integrado em Desenvolvimento de Jogos Digitais; Técnico Integrado em Administração; Técnico Subsequente em Informática para Internet; Técnico Subsequente em Secretariado; Técnico Subsequente em Desenvolvimento de Jogos; Coordenação de Extensão e Coordenação de Pesquisa.

A biblioteca possui, além de um espaço destinado ao acervo de livros, um mini laboratório e uma pequena sala de coordenação. A sala em questão possui 30m² e é climatizada por ar-condicionado do tipo split de 22.000 btus.

3.3 COLETAS DE DADOS E ANÁLISE DE DADOS

A Engenharia de Requisitos é uma fase do projeto destinada ao entendimento das atividades a serem desenvolvidas, são elas e não somente a, elicitação, análise, especificação, validação e gerenciamento dos requisitos. A elicitação é a abstração de informações sobre o sistema proposto a ser desenvolvido.

A análise faz parte de um processo qualitativo sobre os dados coletados que farão parte como componentes do sistema a ser desenvolvido. A especificação abrange a escrita dos requisitos de usuário e de sistema em um documento de especificação de requisitos como descrições detalhadas das funcionalidades/serviços e restrições operacionais do software. A validação consiste em verificar se os requisitos coletados, analisados e documentados atendem às necessidades do cliente quanto ao software. O gerenciamento, por sua vez, é uma atividade contínua de análise, compreensão e rastreamento sobre os requisitos para o controle de suas mudanças.

3.4 MATERIAIS

Arduino Espe32: Arduino e Esp32 são séries de microcontroladores de baixo custo e baixo consumo de energia. Esses sistemas possuem boa qualidade de processamento, além de poder interagir com outras tecnologias como Wi-Fi e Bluetooth.

Sensor ultrassônico: Sensor ultrassônico é um dispositivo que transforma um tipo de energia em ondas de ultrassom ou o inverso, possibilitando, assim, o envio e o recebimento de ondas, permitindo a coleta de informações em um ambiente.

Sensor de temperatura: Um sensor de temperatura é um dispositivo capaz de detectar a temperatura a partir de uma resistência elétrica, um campo eletromagnético ou radiação térmica.

IDE Arduino: É um ambiente preparado para o desenvolvimento de software, contendo um conjunto de bibliotecas que auxiliam nas interpretações e comunicação com periférico, assim como as camadas de softwares necessárias para interpretação e execução da aplicação.

3.4.1 Sensor de Temperatura

Um sensor digital de temperatura DS18B20 usado para informar a temperatura em graus C com precisão de 9 a 12 bits, -55C a 125C (+/- 0,5C). Cada sensor tem um número de série exclusivo de 64 bits gravado nele - permitindo identificá-lo individualmente dentre outros. Assim, torna-se possível a utilização de um grande número e gerenciá-los individualmente.

Características: A interface requer apenas um pino de porta para comunicação; Cada dispositivo possui um código serial exclusivo de 64 bits armazenado em uma ROM integrada;

A capacidade multidrop simplifica as aplicações de detecção de temperatura distribuída;

Não requer componentes externos;

Pode ser alimentado por linha de dados. A faixa da fonte de alimentação é de 3,0 V 5,5 V;

Mede temperaturas de -55 ° C a + 125 ° C (-67 ° F a + 257 ° F) Precisão de ± 0,5 ° C de -10 ° C a + 85 ° C;

A resolução do termômetro pode ser selecionada pelo usuário de 9 a 12 bits;

Converte a temperatura em palavra digital de 12 bits em 750 ms (máx.);

Configurações de alarme não volátil (NV) definida pelo usuário;

O comando de busca de alarme identifica e endereça dispositivo cuja temperatura está fora dos limites programados (condição de alarme de temperatura);

As aplicações incluem controles termostáticos, sistemas industriais, produtos de consumo, termômetros ou qualquer sistema termicamente sensível.

Figura 3.1 - sensor de temperatura DS18B20.



Fonte: AUTOR, (2021).

Sensor de Presença e Movimento (PIR): A saída do sensor de detecção de movimento PIR pode ser conectada diretamente a um dos pinos digitais do Arduino. Os módulos PIR possuem um sensor infravermelho passivo que detecta a ocupação e o movimento do infravermelho irradiado do corpo humano.

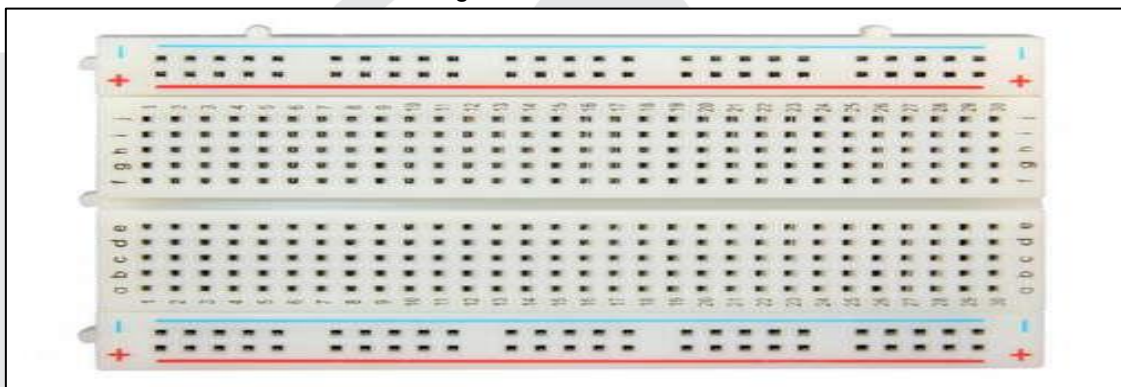
Figura 3.2- sensor de presença PIR.



Fonte: AUTOR, 2021.

Protoboard: A placa de *protoboard* é um equipamento utilizado em projetos com as tecnologias de sistemas embarcados como as famílias Arduino, *raspberry*, *Esp*, entre outros de projetos de eletrônica. Sua finalidade é fazer a conexão dos circuitos eletrônicos, prática conhecida como prototipagem. Seu mecanismo forma uma base retangular com linhas de furos onde se encaixam os pinos dos componentes ou mesmo um fio diretamente, e tem uma lógica de conexão entre os furos, facilitando o entendimento da lógica usada na comunicação entre componentes do projeto.

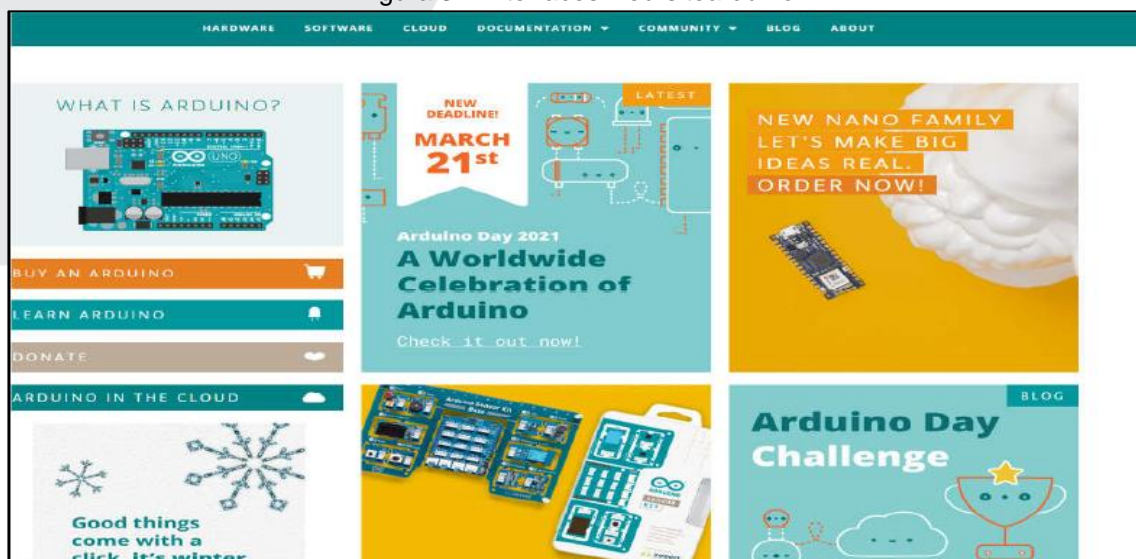
Figura 3.3 - Protoboard.



Fonte: AUTOR, (2021).

Ide Arduino: Uma IDE é um conjunto de programas que formam um ambiente de desenvolvimento integrado, onde se faz a construção de novos programas, pois ele possui um esquema que faz a leitura, interpretação, depuração e execução de um programa e ainda apresenta as saídas a partir de um monitor ou terminal. Neste tipo de aplicação, estão todas as funções necessárias para o desenvolvimento de programas de computador, aplicativos para *smartphones*, assim como alguns recursos que diminuem a ocorrência de erros nas linhas de código. A IDE Arduino trabalha com a linguagem de programação C++ e pode ser dividida em três partes principais: estruturas, valores (variáveis e constantes) e funções, como ilustra a Figura 3.4.

Figura 3.4 interfaces web-sitearduino.



Fonte: ARDUINO.CC, (2021).

A IDE utilizada no projeto obtiveram algumas atualizações, partindo da versão IDE Arduino 1.8.9 a 1.8.14, versão para sistema operacional *Windows*.

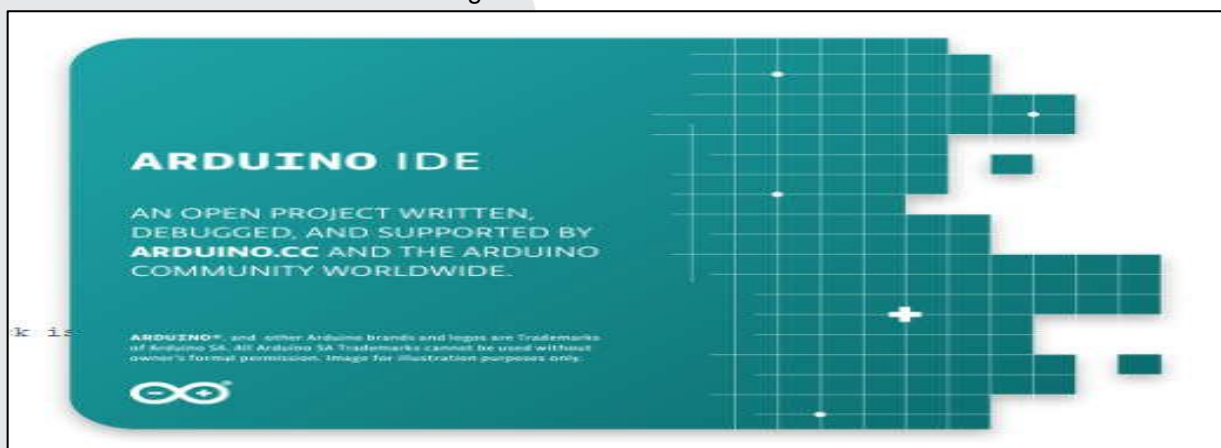
Figura 3.5 - Versão da IDE Arduino.



Fonte: WWW.ARDUINO.CC (2021)

Já a sua interface possui duas versões: uma chamada de IDE arduino, que o usuário baixa o software em seu computador e a outra em que se envia o código de programação para ser executado na nuvem do arduino.

Figura 3.6 - IDE Arduino online.



Fonte: WWW.ARDUINO.CC, (2021).

A área de trabalho é um ambiente padrão na maioria das ferramentas. Para conseguir programar com Arduino, é necessário noções de linguagens de programação e lógica de programação. Isso pode facilitar bastante para desenvolver programas, esse entendimento é essencial para que você possa fazer seus próprios projetos no futuro.

Ao abrir a IDE Arduino, será mostrado ao usuário uma estrutura contendo duas funções *setup()* e *loop()*. As bibliotecas utilizadas para esse trabalho foram:

```
Adafruit_Circuit_Playground;
Arduino-IRremote-master;
DallasTemperature;
DHT12_sensor_library;
IRLib2;
IRLib2-master;
IRLibRecv;
IRLremote;
MAX31850_DallasTemp;
OneWire.
```

3.5 MÉTODOS

Será montado um protótipo a fim de realizar a comunicação entre os equipamentos do protótipo. Além disso, será desenvolvido um programa computacional para arduino,

permitindo que cada sensor possa atender à comunicação proposta, devolvendo os dados solicitados e executando as funções necessárias para a realização e funcionamento, visando atender às necessidades almejadas para este projeto.

Uso das Tecnologias Arduino

Com o objetivo de popularizar a interação com os microcontroladores, a plataforma Arduino está inserida em um projeto que visa abarcar um conjunto de ferramentas com interface amigável, bibliotecas acessíveis.

Ide Instalação: Após o download da IDE do site <https://www.arduino.cc>, a instalação é simples desde que atenda aos requisitos mínimos de sistema. Após a instalação, o software está pronto para ser inicializado. Depois disso, o “*sketch*”, nome dado ao conjunto de linhas de códigos escritos no programa, deve ser compilado, e depois enviado à placa de microcontrolador. O compilador tem como função localizar possíveis erros de sintaxe cometidos pelo desenvolvedor. Caso as falhas sejam encontradas, o usuário recebe uma informação dos possíveis erros e linhas onde foram cometidos, para que sejam providenciados os reparos necessários.

Porta Serial: As configurações das portas seriais estão ligadas diretamente com a entrada e saída de dados da placa mãe, onde o Arduino está instalado para a comunicação com a placa que também pode ser Arduino. No caso deste estudo, foram usadas tanto a placa Arduino uno quanto a placa Esp32, que usa a mesma IDE como meio de programação.

Após localizar a porta serial, o usuário usa a opção baixar *sketch* para enviar à placa destinada. Uma das vantagens da tecnologia Arduino, como uma plataforma de prototipação e experimentação com microcontroladores, é que cada bloco de código microcontrolador vem embutida no hardware e no software. O microcontrolador está capacitado a receber um boot junto com o código, permitindo que um arquivo binário contendo um programa compilado possa ser carregado a partir de uma conexão via USB.

Com a IDE Instalada: Um dos objetivos do projeto Arduino está na manutenção de sua plataforma gráfica de desenvolvimento. Esta plataforma facilita a edição de arquivos de código fonte, a compilação e carga do programa no microcontrolador e o monitoramento de eventual comunicação serial estabelecida com o dispositivo.

Com o ambiente de desenvolvimento preparado, a codificação começa a ser construída. No caso do nosso estudo, que foi necessário testar os sensores mencionados nos tópicos que trata dos materiais, os primeiros códigos contiveram lógicas para atualizar estes sensores, porém, antes de baixar o programa para a placa Arduino/Esp32, faz-se necessário realizar a comunicação entre os componentes.

Comunicação entre Periféricos Arduino: As placas de microcontroladores possuem uma combinação de portas que são analógicas e digitais. As conexões com essas portas são realizadas a partir do contato que podem ser direto com o equipamento. Neste estudo, essas conexões serão feitas por meio de sensores ou através de fios chamados de *jumpers*, e ainda com um equipamento expansivo chamado de *protoboard*, que também foi utilizado neste projeto.

Comunicação com os sensores: O programa que aqui vamos chamar de “Código1” fará interação com um sensor receptor de luz infravermelho, que conta com a função e a lógica que busque capturar informações emitidas pelo sensor emissor do controle do ar-condicionado, pois de posse desses dados é possível saber a combinação para suas funcionalidades. Programa intitulado de “Código2” frui um sensor emissor de luz infravermelho com a finalidade de envio de dados para o receptor do ar-condicionado, assim os programas Código1 e Código2, com seus sensores devidamente conectados, assumem a função de controle de ar-condicionado.

Já o programa “Código3”, tem como função atuar sobre o sensor de temperatura que, para esse experimento, foram dispostos dois tipos o LM35 e o ds18b20. Assim, após o êxito do programa, torna-se possível acompanhar a temperatura capturada pelo sensor a partir de um terminal de comunicação que pode ser um computador com a IDE Arduino, que será ligado por um cabo USB ou um visor tipo LCD configurado para tal saída.

Para o programa “Código4”, coube a realização dos sensores de distância que, neste caso, foi utilizado o sensor Ultrassônico e também o sensor de movimento chamado de PIR. Com o sucesso desses sensores e da lógica do software, torna-se alcançável controlar a passagem de objetos frente a esses componentes.

Programa “Código5”, a este faz-se a integração de todos os códigos desenvolvidos e acrescenta-se componentes de código a fim de permitir que a temperatura do aparelho de ar-condicionado possa ser ajustada com o recurso do Código2, com o uso dos parâmetros obtidos pelo Código3. Finalmente, ao monitorar o Código4, o Código5 utilizar-se-á dos Códigos4 para obter dados de entrada de objetos (pessoas) no ambiente e Código2 para iniciar ou encerrar a atividade do aparelho de ar-condicionado.

4 - Apresentação dos reflexos econômico e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):

O estudo de caso será aplicado em dois ambientes: na área pertencente à biblioteca, que inclui um míni laboratório, e na sala destinada às Coordenações de Cursos, neste ambiente são realizados atendimentos tanto de estudantes quanto de pais ou pessoas interessadas em algum curso oferecido pela instituição. Para Yin (2001), o estudo de caso, como pesquisa, deve compreender todo o sistema da lógica de planejamento, incorporando abordagens específicas à coleta e análise de dados.

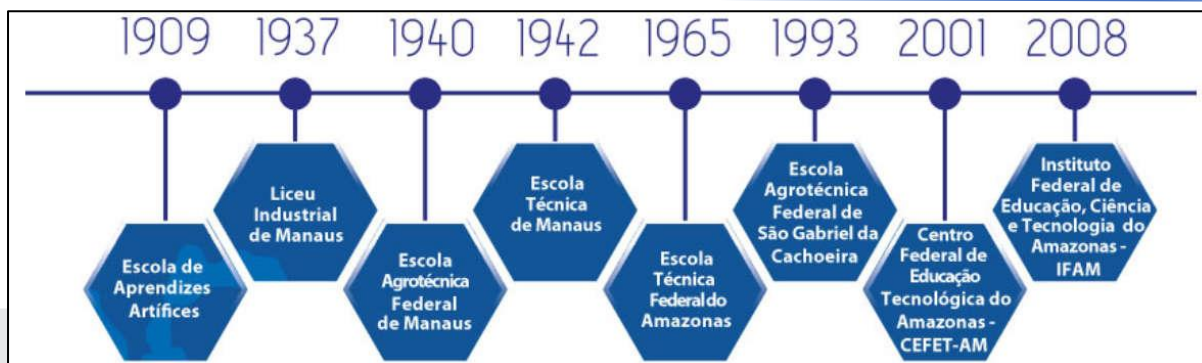
Podem ser utilizadas quatro diferentes fontes de informações em um estudo de caso: documentos, estatísticas, entrevistas pessoais e observação direta. Grande parte dos estudos de casos são utilizados em estudos exploratórios e descritivos, mas também pode ser importante para fornecer respostas relativas a causas de determinados fenômenos (GIL, 2002).

HISTÓRICO

O IFAM- campus avançado Manacapuru foi inaugurado na data de 17/05/2017, localizado na cidade de Manacapuru. Segundo o IBGE (2016), este município possui cerca de 92.000 habitantes, sendo o quarto maior município do estado do Amazonas. Dista a 78 km de Manaus e é considerada cidade satélite da capital. O IFAM tem como finalidade a educação nos níveis médios e técnicos. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, que segundo a portaria Nº 373, DE 31 DE AGOSTO DE 2009, do Ministério da Educação, publicada no DOU de 01/09/2009 (nº 167, Seção 1, pág. 29), foi criado pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Sua sede, inicialmente, estava situada na Avenida Sete de Setembro, nº 1975, Bairro Centro, CEP: 69.020-120, na cidade de Manaus, capital do Amazonas.

Atualmente, a Reitoria está localizada na Av. Ferreira Pena, nº 1109, 1109, Bairro centro, CEP: 69025-010, em Manaus. Mediante a integração do CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica do Amazonas, vinculado ao Ministério da Educação, possui natureza jurídica de autarquia, sendo detentora de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar. Iniciado em 2008, no então governo do presidente da República Luís Inácio Lula da Silva, que sancionou o Decreto Lei Nº 11.892, criando trinta e oito Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, dentre eles, IFAM. Entretanto, a trajetória da Instituição no Amazonas remonta desde o início do século XX como veremos a seguir na linha do tempo. A Figura 4.1 esboça uma linha do tempo e as mudanças da instituição.

Figura 4.1 - Histórico do IFAM.



Fonte: IFAM, (2021).

Num processo que está em constante alteração, o IFAM já conta com 15 Campi, sendo três em Manaus (Manaus Centro, Manaus Distrito Industrial e Manaus Zona Leste), Coari, Lábrea, Maués, Manacapuru, Parintins, Presidente Figueiredo, São Gabriel da Cachoeira, Tabatinga, Humaitá, Eirunepé, Itacoatiara e Tefé, proporcionando um ensino profissional de qualidade a todas as regiões do Amazonas. O IFAM proporciona Educação Profissional de qualidade com cursos da Educação Básica até o Ensino Superior de Graduação e Pós- Graduação *Lato* e *Stricto Sensu*, servindo a sociedade amazonense e brasileira (MELLO, 2009).

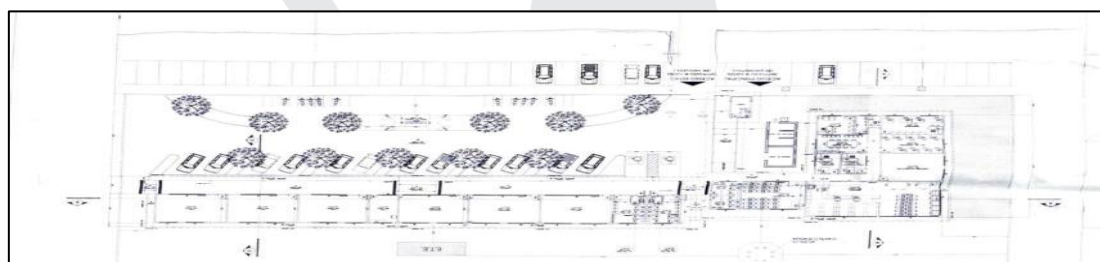
Segundo o site da instituição, atualmente, o IFAM está estabelecido em 23 municípios, sendo três deles, pólos de Educação à Distância localizados no estado de Roraima. No primeiro semestre de 2018, a instituição já soma 25.768 matrículas, segundo a Plataforma Nilo Peçanha, distribuídas em 162 cursos técnicos presenciais, 68 cursos em EaD, 15 tecnólogos, sete Licenciaturas, cinco Bacharelados, duas especializações Lata Sensu e três Mestrados Profissionais. Além disso, conta com 1.967 servidores em todo o Estado.

Localizado a Estrada Manuel Urbano, km 77, no bairro Novo Manacá, IFAM Manacapuru já teve sua sede provisória localizada na rua Rio de Janeiro, 57, bairro Cohaban, Manacapuru, até quando o Magnífico Reitor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Antônio Venâncio Castelo Branco, e a Diretora-Geral protempore do Campus Avançado Manacapuru, Ana Maria Alves Pereira, em uma solenidade, Inauguraram a sede atual do Campus Avançado Manacapuru, no dia 08 de junho de 2017 às 14h30min, com a presença do Ministro da Educação, Rossieli Soares da Silva.

SITUAÇÃO ATUAL DAS INSTALAÇÕES FÍSICAS

As instalações físicas do *campi* estão distribuídas da seguinte forma: salas de aula, sala das coordenações, sala dos professores, sala do setor pedagógico, laboratórios de informática, laboratórios de recursos pesqueiros, auditório, biblioteca, gestão de tecnologia da informação e gabinete de direção, além do estacionamento e um refeitório que se encontra em construção. A Figura 4.2 traz a disposição dos blocos internos da edificação, onde está localizado o local de realização deste estudo, além de destacar o estacionamento.

Figura 4.2 -Planta baixa do IFAM-Manacapuru



Fonte: AUTOR, ADAPTADO DA PLOTAGEM DO PROJETO OFICIAL (2021).

O presente estudo de caso tem como local de observação os espaços de sala das Coordenações de Cursos e da Biblioteca. Este estudo faz-se oportuno dado o fato os custos da instituição terem se elevado enquanto os investimentos não seguem o mesmo itinerário. A Tabela 1.1, a seguir, demonstra os gastos mensais durante o período de 2017 e primeiro semestre de 2020, que fazem parte dos valores cobrados pela concessionária de energia elétrica.

Consumo de Energia elétrica: IFAM-Manacapuru				
Mês	Ano			
	2017	2018	2019	2020
Janeiro	R\$ 4.806,06	R\$ 7.100,39	R\$ 5.086,06	R\$ 3.782,92
Fevereiro	R\$ 6.050,20	R\$ 7.365,03	R\$ 6.131,75	
Março	R\$ 7.568,28	R\$ 8.374,43	R\$ 7.762,16	
Abril	R\$ 8.153,85	R\$ 7.445,03	R\$ 8.433,76	
Mai	R\$ 8.032,08	R\$ 7.963,56	R\$ 2.812,71	
Junho	R\$ 7.986,17	R\$ 6.285,56	R\$ 7.850,39	
Julho	R\$ 6.984,68	R\$ 5.537,92	R\$ 4.423,64	
Agosto	R\$ 8.535,72	R\$ 8.535,72	R\$ 7.912,64	
Setembro	R\$ 7.789,47	R\$ 7.108,39	R\$ 6.977,95	
Outubro	R\$ 7.662,74	R\$ 6.638,20	R\$ 7.353,00	
Novembro	R\$ 9.621,99	R\$ 8.142,82	R\$ 8.039,15	
Dezembro	R\$ 7.541,36	R\$ 5.805,73	R\$ 6.423,86	

Fonte: AUTOR, ADAPTADO DO SITE ([HTTPS://WEBSITE.AMAZONAS ENERGI.A.COM](https://website.amazonasenergia.com), 2021)

Em 2019, a EPE apresentou, através do Anuário Estatístico de Energia Elétrica, os dados referentes ao consumo de energia elétrica no Brasil por classe de consumo. No caso específico das edificações brasileiras, os dados informaram que, no ano de 2018, foram consumidos cerca de 242 TWh de energia elétrica. Desse valor, as edificações do poder público foram responsáveis pelo consumo aproximado de 6,3% no mesmo ano analisando. Já nas edificações nacionais comerciais e públicas, a energia elétrica possui seu maior consumo destinado à climatização de ambientes. O uso de aparelhos de ar-condicionado responsável por aproximadamente 48% do consumo de energia elétrica neste setor. Enquanto o uso de iluminação artificial abarca uma fatia de 23%, seguido por 15% dos equipamentos de escritório e 14% de outras cargas (LAMBERTS, *et al.*, 2014). Para o setor do poder público, entre o ano de 2017 e 2018, houve um crescimento em torno de 0,2%, conforme informações contidas na Tabela 1.2.

Classe de consumo	Ano				Δ% (2017-2020)
	2017	2018	2019	2020	
Residencial	131190	132872	134368	137615	4.70%
Industrial	169289	165314	167398	169625	0.02%
Comercial	90768	87873	88292	88631	-2.40%
Rural	25899	27266	28136	29168	11.20%
Poder público	15196	15096	15052	15076	-0.80%
Iluminação pública	15333	15035	15443	15690	2.30%
Serviço público	14730	14969	15196	15778	6.60%
Consumidor próprio	3304	3355	3277	3238	-2.00%
Brasil	465709	461780	467162	474821	1.90%

Fonte: EPE, (2019).

Visando diminuir do consumo de energia no campus Manacapuru, que tem um impacto de 16% no orçamento da instituição, foi proposto um estudo de caso experimental de controle de climatização em um dos ambientes para a observação, buscando otimização do consumo e eficiência de energia elétrica.

5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor

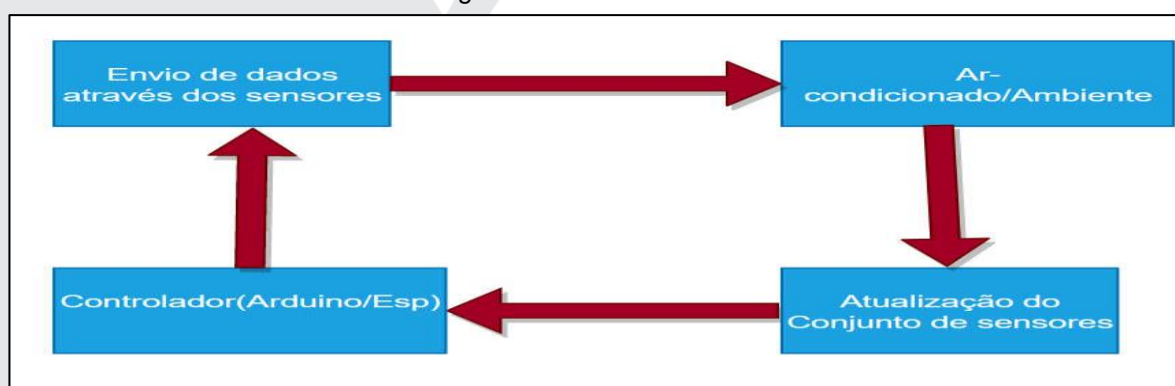
Como já abordado, o Modelo, SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AMBIENTES CLIMATIZADOS, foi desenvolvido na dissertação de mestrado por Hilton Barros de Castro, sob orientação do Professor Dr. Jandecy Cabral Leite.

6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço

Este item apresenta os resultados dos experimentos realizados no estágio com a montagem dos recursos de hardwares programáveis e a interação entre software desenvolvido e os diversos sensores, tanto dos acoplados ao novo dispositivo quanto com os pertencentes aos equipamentos de resfriamento de ambiente.

Os resultados alcançados até o presente momento corroboram para alcançar os objetivos propostos para esse estudo, estão de acordo com as etapas planejadas para a pesquisa, onde muitos experimentos foram realizados buscando validar a proposta. Os testes apontam progresso e vislumbram a possibilidade do êxito do trabalho, A figura 5. ilustra um ciclo como objetivo da implementação do sistema. A Figura 5, a seguir, representa o direcionamento das ações em funcionamento do estudo de caso.

Figura 5- Fluxo do sistema.



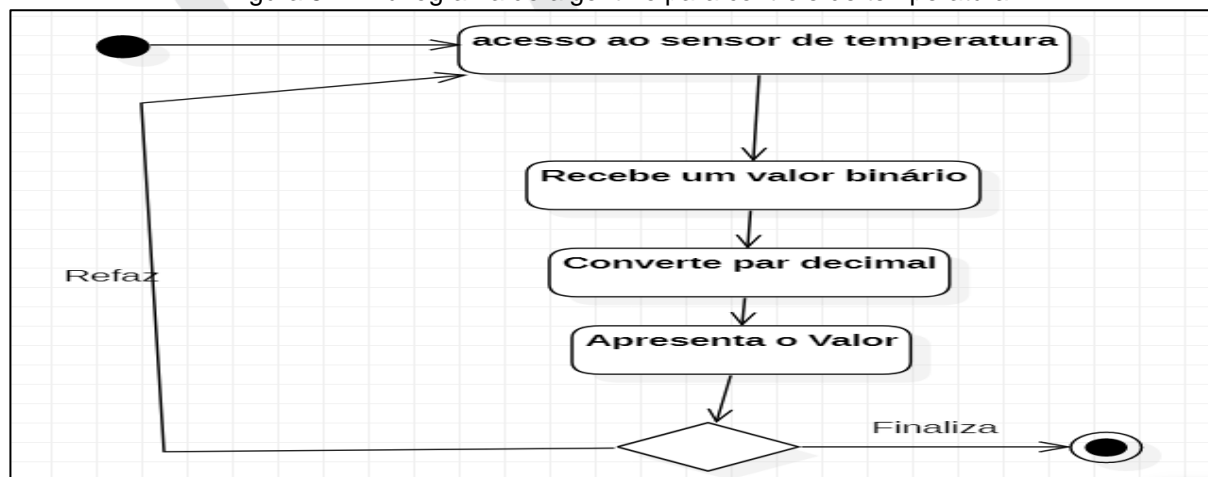
Fonte: AUTOR (2021).

Para buscar os resultados propostos, o projeto foi dividido em quatro etapas com a tecnologia Arduino/Esp32, sendo elas os seguintes protótipos:

- Sensor de temperatura;
- Emissor de luz infravermelho;
- Receptor de luz infravermelho;
- Sensor ultrassônico;

Como mostra a Figura 5.1 a seguir, este algoritmo tem como objetivo capturar o código do controle do ar-condicionado que será utilizado entre o emissor de luz infravermelho e o aparelho de ar-condicionado posteriormente.

Figura 5.1- Fluxograma do algoritmo para controle de temperatura.



Fonte: AUTOR (2021).

RESULTADOS DA ETAPA 1

O código do Arduino é executado no software Arduino IDE e a imagem é mostrada na figura 5.2. O software Arduino IDE deve ser baixado e incluir todas as bibliotecas necessárias antes de executar o código, todas as bibliotecas necessárias são mencionadas na metodologia. Em seguida, deve-se abrir o terminal e monitor a serial para visualizar as temperaturas aferidas. A Figura 5.2 mostra o programa computacional que faz a comunicação entre o sistema Arduino e o sensor de temperatura DS18B20, o qual afere a temperatura ambiente e apresenta os valores correspondentes em tempo real. A figura 5.2 mostra o terminal *Arduino* imprimindo os valores em tela.

Figura 5.2 - Compilação do código de temperatura.

```

// Programa para ler a temperatura com o sensor DS18B20
// Definição do pino de leitura
#define sensorPin A4
float ceusius, fahrenheit, kelvin;
int sensorValue;

// Temperatura com o I2C5 funcionando na sua última alteração
void setup() {
  // Você pode setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Você pode main code here, to run repeatedly:
  GetTemp();
  Serial.println("ceusius");
  Serial.println(ceusius * 0.1);
  // Serial.println("fahrenheit");
  // Serial.println(fahrenheit);
  delay(1000);
}

void GetTemp() {
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  kelvin = ((float(sensorValue)/1023)*5)*100;
  ceusius = kelvin - 273.15;
  fahrenheit = (ceusius * 1.8) + 32;
}
  
```

Serial Monitor Output:

```

ceusius=24.72
ceusius=24.85
ceusius=24.77
ceusius=24.77
ceusius=24.82
ceusius=24.89
ceusius=25.11
ceusius=25.46
ceusius=25.51
ceusius=25.90
ceusius=25.46
ceusius=25.16
ceusius=24.72
ceusius=24.77
ceusius=24.77
  
```

Fonte: AUTOR, (2021).

Como resultado, o sistema recebe uma variação da temperatura ambiente que, no caso do sensor DS18B20, pode variar de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$. O Arduino recebe estes valores em números binários. Em seguida, utiliza-se uma fórmula que os converte para números decimais, como o trecho do código abaixo.

void

```

GetTemp(){sensor Value=analogRead(sensorPin);
kelvin=(((float(sensor Value)/1023)*5)*100);ceusius=kelvin-273.15;
fahrenheit=(ceusius*1.8)+32;
  
```

RESULTADOS DA ETAPA 2: A próxima figura mostra um programa que, ao ser compilado, realiza a interação entre o sensor emissor de luz infravermelho, o qual envia dados para o sensor receptor de luz infravermelho do ar-condicionado, realizando as funções de um controle remoto.

RESULTADOS DA ETAPA 3: Protótipo com Arduino e receptor de luz infravermelho. O algoritmo apresentado na Figura 5.3, a seguir, faz a interpretação dos dados recebidos do ar-condicionado pelo receptor infravermelho. Estes dados representam uma informação aceita pelo sistema do aparelho de ar-condicionado, como, por exemplo, o valor de uma temperatura.

Figura 5.3 - Receptor infravermelho.

```

receptor-arcondicionadoOK | Arduino 1.8.13
// receptor das saídas de ar condicionado de coordenação hilton
#include <IRLibRecvPCI.h>
IRrecvPCI myReceiver(2); // pino de dados para o sketch

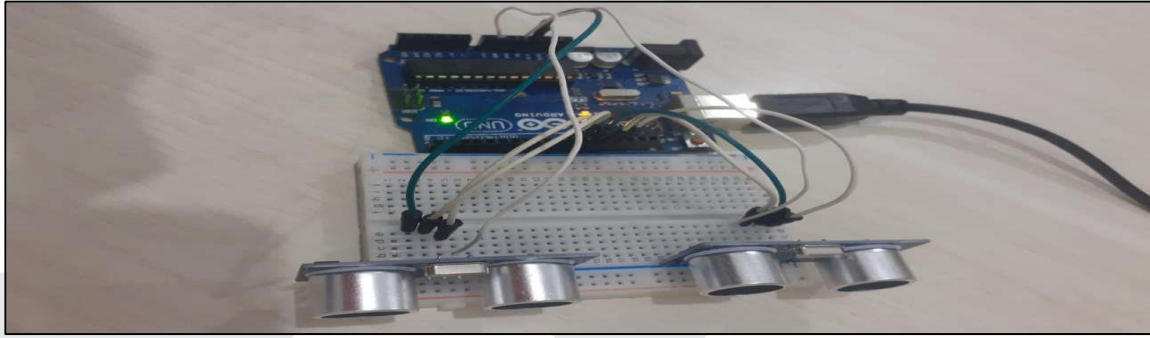
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(2000); while (!Serial);
  myReceiver.enableIRIN(0); // Inicializa o receptor
  Serial.println(F("pronto para receber o sinal"));
  myReceiver.setTransmitOut(100000);
}

void loop() {
  // o loop escuta até que recebe o sinal do controle
  if (myReceiver.getResults()) {
    Serial.println(recvGlobal.recvLength, DEC);
    Serial.print(F("uint16_t rawData[RAW_DATA_LEN]="));
    for (uint16_t i = 0; i < recvGlobal.recvLength; i++) {
      Serial.print(recvGlobal.recvData[i], DEC);
      Serial.print(F(" "));
      if (i % 8 == 0) Serial.print(F("\n"));
    }
    Serial.println(F("1000")); // Adicionar espaço final arbitrário
    myReceiver.clearResults(); // Reinicia o receptor
  }
}
  
```

Fonte: Autor, (2021).

RESULTADOS DA ETAPA 4

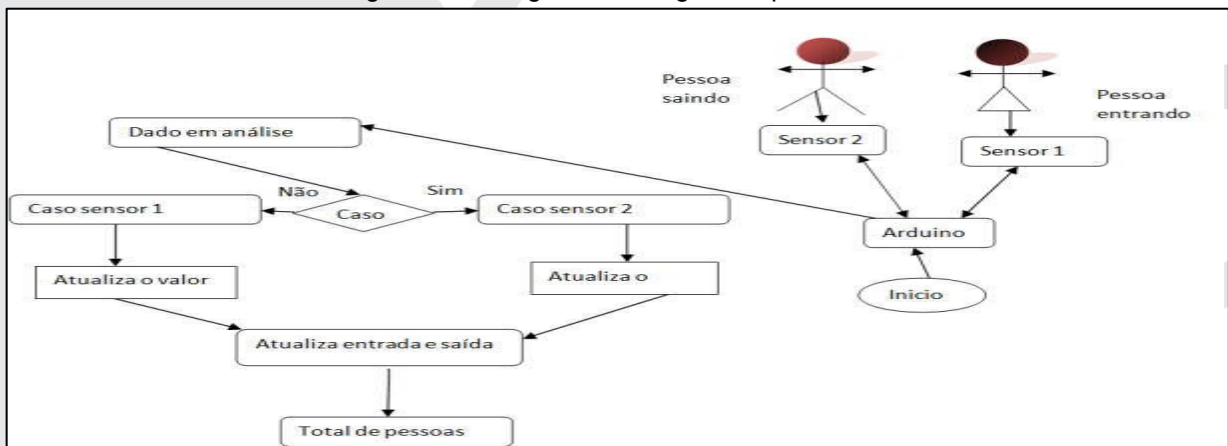
A Figura 5.4 é uma imagem do protótipo com Arduino e sensor ultrassônico



Fonte: AUTOR, (2021).

A Figura 5.5 representa a disposição dos elementos no ambiente de experimento disposição para realizar as interações.

Figura 5.5 - Diagrama contagem de pessoas.



Fonte: AUTOR (2021).

A Figura 5.6 representa a disposição do algoritmo que realiza a interação para realização da contagem de objetos em movimento.

Figura 5.6 - contagem de pessoas com sensor ultrassônico.

```

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
testeUltrasonic0504.g
#define trigPin 13
#define echoPin 12
float duration, distance;

void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode (trigPin, OUTPUT);
  pinMode (echoPin, INPUT);
}

void loop() {

  digitalWrite (trigPin, LOW);
  delayMicroseconds (2);
  digitalWrite (trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds (10);
  digitalWrite (trigPin, LOW);

  // Measure the response from the HC-SR04 Echo Pin
  duration = pulseIn (echoPin, HIGH);

  distance = (duration / 2) * 0.0343;

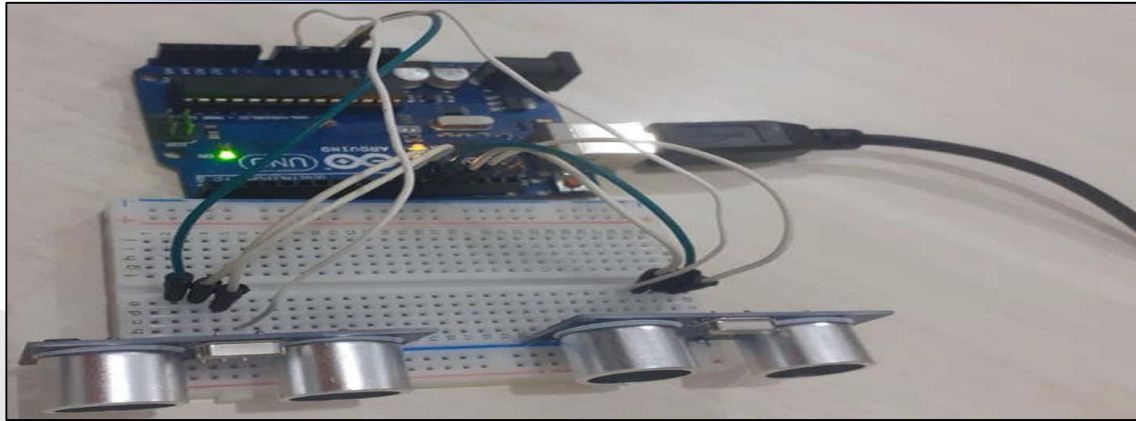
  Serial.print ("Distance = ");
  if (distance >= 400 || distance <= 2) {
    Serial.println ("Out of range");
  }
  else {
    Serial.print (distance);
    Serial.println (" cm");
    delay (500);
  }
  delay (500);
}

```

Fonte: AUTOR (2021).

A próxima figura mostra uma placa Arduino e uma placa *protoboard* fazendo a comunicação com os sensores ultrassônicos, os quais têm como finalidade detectar a presença de objetos, fornecendo dados para o algoritmo identificar a passagem de objetos em uma determinada direção.

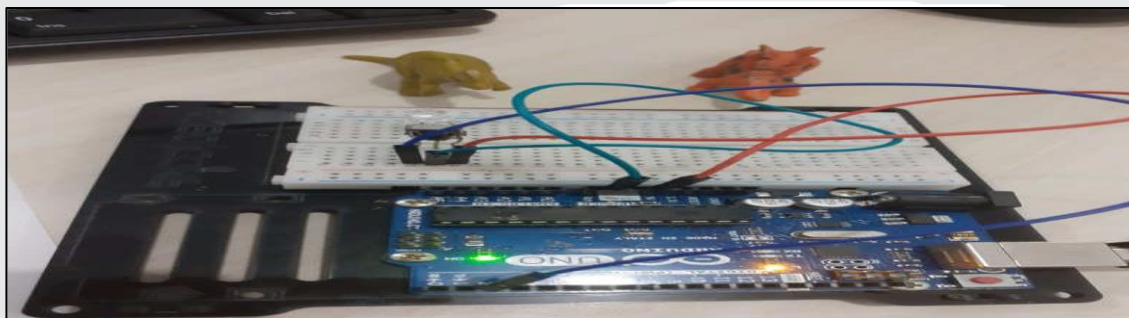
Figura 5.7 - Protótipo com sensor ultrassônico.



Fonte: AUTOR (2021).

A Figura 5.8 mostra a comunicação entre a placa Arduino, *protoboard* e o emissor e receptor de infravermelho, o qual tem como uma de suas funções enviar sinal ao aparelho de ar-condicionado.

Figura 5.8 - Protótipo com sensor e receptor infravermelho.



Fonte: AUTOR, (2021).

Com isso, a proposta que visa aumentar o conforto térmico utilizando a tecnologia Arduino funciona da seguinte maneira: ao identificar o primeiro usuário que adentra o ambiente de experimento (sala das coordenadas do IFAM-Manacapuru), o sistema aciona o aparelho de ar-condicionado a uma temperatura de 22C°. A partir de então, o sistema monitora a quantidade de pessoas no ambiente e regula o ar-condicionado para manter a temperatura o mais próximo do proposto até que o último usuário deixe o local. Ao identificar o número zero de pessoas, o sistema comunica o ar-condicionado para desligar até que o próximo loop aconteça.

7 – Referências (apenas as mencionadas no neste documento):

- AVELINO, Alinny Dantas et al. A influência do metabolismo no cálculo do PMV da BARBOSA, E. F. T. Conforto térmico e consumo de energia em ambientes.
- BOTELHO, MC; MAURITTI, R; NUNES, N; CRAVEIRO, D (2014), "A mão esquerda e a Building and Environment, Volume 171, 2020.
- CASTRO-ALVAREZ, Fernando et al. The 2018 International Energy Efficiency consumo de energia de edifícios, Energy Build. 76 (2014) 92-101,
- DHANALAKSHMI, S. M.POONGOTHAI, KANERSHARMA. IoTBased Electrical Energy Storage approach. Energy, v. 164, p. 1216-1228, Dec. 2018. ISSN 0360- Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas: cem anos de história.
- FILHO, G. F.Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em Nível Médio genético distribuído baseado em computação de alto rendimento para otimização do GIL, Antônio Carlos.Comoelaborarprojetosdepesquisa.4.ed.atlas 2010, São Paulo.

HAVENI TH, G; HOLMÉR, I.; PARSONS, K. Personal factors in thermal comfort <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.053>. índices de conforto térmico PMV e PPD. 2008. Tese de Doutorado. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

KRAMP, Thorsten; VAN KRANENBURG, Rob; LANGE, LIN ZHANG, SHENG ZHANG, Extending Predicted Mean Vote using adaptive approach, Manaus: Editora, 2009.

MAURITTI, Rosário et al. A Austeridade na Educação. 2015.

MELLO, Maria Stela Vasconcelos Nunes de. De escola de aprendizes artífices a Instituto MONTEIRO, R. V. A. et al. A medium-term analysis of the reduction in technical losses norma ISO 7730 (2005). 2019.

OLIVEIRA, Ana Robalo Cordeiro Sousa. Avaliação da incerteza na determinação dos on distribution systems with variable demand using artificial neural networks: Na PARA AMBIENTES CLIMATIZADOS POR SISTEMAS DO TIPO SPLIT. 2020.

Scorecard. Washington, DC: ACEEE, 2018. Disponível em: <https://aceee.org>

Sebastian. Introduction to the Internet of Things. In: Enabling Things to Talk.

SILVA, JÚNIOR, ANASTÁCIO DA. DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 1-10. supermercado de médio porte. Campinas, 2013, (DISERTAÇÃO DE MESTRADO). usando a placa Arduino-UNO. 2015. 207 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Working Paper N.º 4/2014.

YANG, C. H. Li, Y. REZGUI, I. PETRI, B. YUCE, B. CHEN, B. JAYAN, Algoritmo.

8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada

APÊNDICE A



INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS CAMPUS AVANÇADO MANACAPURU

DECLARAÇÃO

Manacapuru-AM, 26 de Maio de 2022.

APLICAÇÃO DE PESQUISA

Declaramos para os devidos fins que Hilton Barros de Castro, matrícula 000056, aplicou o trabalho intitulado SISTEMAS EMBARCADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES CLIMATIZADOS, na empresa **IFAM-MANACAPURU**, resultado do seu Projeto de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia/ITEGAM.

Atenciosamente,

Prof. Dr. LORENZO SORIÃO ANTONACCIO BARROCO
Diretor Geral Substituto pro tempore
IFAM/Campus Manacapuru
PORTARIA Nº 1.102-GR/IFAM, DE 09 de SETEMBRO de 2021.

Avn. Joaquim Nabuco, 1950, 4º. Andar-Centro, CEP 69030-020 - Manaus - AM (92) 3584.6145 - www.itegam.org.br

9 – Link seguido da print do artigo relacionado ao PTT:



Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research
Vol. 12, Issue, 02, pp. 53714-53725, February, 2022
<https://doi.org/10.37118/ijdr.23861.02.2022>



RESEARCH ARTICLEOPEN ACCESS

EMBEDDED SYSTEMS FOR ENERGY EFFICIENCY OF CLIMATE ENVIRONMENTS

Hilton Barros de Castro^{1,2}, Jandecy Cabral Leite¹ and Bianca Figueiredo Garcia²

^{1,2}Postgraduate Master in Engineering, Process Management, Systems and Environmental, Galileo Institute of Technology and Education of the Amazon (PPG.EGPSA/ITEGAM), Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950, Downtown, Manaus, Amazonas - Brazil
²Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas (IFAM), Rua Waldemar Ventura, s/nº, São José, Manacapuru/AM

ARTICLE INFO

Article History:
Received 28th November, 2021
Received in revised form
13th December, 2021
Accepted 09th January, 2022
Published online 20th February, 2022

Key Words:
Thermal comfort, Embedded systems, Energy efficiency, Automation of air conditioning and closed environments.

**Corresponding author:*
Hilton Barros de Castro

ABSTRACT

The consumption of electricity grows as technology advances, as this, almost entirely depends on the power of some energy source, the increase in this consumption causes positive impacts, but also negative one of them is due to the high cost of these resources, the reduction of resources destined to education in Brazil makes institutions look for strategies to reduce expenses and one is, to be able to use efficiency in the consumption of electric energy. This work aims to reduce electricity consumption, increase the duration of climate control devices and improve thermal comfort. To reduce the resources spent on air conditioning, a set of software and hardware was developed, aiming to control, in an automated way, environments with movement of people and with low management of resources, the use of sensors to measure the ambient temperature, control of people and, communication and control of the devices that make the environment climate control. After the implementation of this technology in the proposed environments, the system started to regulate the air conditioning device(s), seeking to compensate the temperature, when this is different from that projected by the user, from the ambient temperature measured by the set sensors and end the device activity when there are no people in the environment as well as start when a user enters the site.

Copyright © 2022, Hilton Barros de Castro et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Hilton Barros de Castro, Jandecy Cabral Leite and Bianca Figueiredo Garcia. "Embedded systems for energy efficiency of climate environments", *International Journal of Development Research*, 12, (02), 53714-53725.

<https://doi.org/10.37118/ijdr.23861.02.2022>

