CONTROLADOR OTIMIZADO PARA CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

Fernando Muller da Silva 1;
Pedro Armando da Silva Junior 2;
Trabalho realizado como parte das atividades da disciplina TCC29009;
1 Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações do Campus São José do IFSC e-mail: fernando.m01@aluno.ifsc.edu.br;
2 Professor do Departamento de Telecomunicações do Campus São José do IFSC e-mail: pedroarmando@ifsc.edu.br.

Resumo
O conforto ambiental tem importância fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Salas de aula que não apresentam conforto térmico, visual e acústico podem influenciar de maneira relevante no desempenho escolar, ocasionando efeitos negativos em termos de atenção, compreensão e aprendizagem. Sabendo que os estudantes passam boa parcela do dia nesses ambientes os quais, geralmente, são de densa ocupação, é importante que esses locais sejam climatizados para que proporcionem condições ambientais satisfatórias ao desempenho das suas atividades, favorecendo assim o processo de aprendizagem. Em contrapartida, os sistemas de climatização são grandes consumidores de energia elétrica, elevando o consumo energético dessas edificações.
O objetivo deste trabalho é desenvolver um controlador sem fio de sistemas de climatização do tipo SPLIT e avaliar o seu funcionamento em sala de aula. O controlador deve proporcionar melhor conforto térmico para o ambiente através do monitoramento e ajuste automático dos parâmetros de temperatura e insuflamento do ar, assim como possibilitar o controle remoto do equipamento através de uma rede de dados sem fio.

Palavras-Chave
Climatização, Conforto térmico, Redes sem fio

Introdução
Um ambiente de uma edificação considerado adequado e saudável é um local onde as condições ambientais internas são pensadas e projetadas para garantir o conforto térmico, visual e acústico para o usuário. As salas de aula em instituições de ensino possuem uma alta taxa de ocupação e mudanças moderadas na temperatura de um ambiente afetam as habilidades dos indivíduos, podendo reduzir o desempenho cognitivo do aluno em ambientes quentes e reduzir a destreza manual em ambientes com temperaturas mais baixas, assim, esses locais com condições térmicas insatisfatórias podem exercer uma influência negativa na aprendizagem(BURGOS; GRIGOLETTI; PAIXÃO, 2015).
Dessa forma, as salas de aula devem ser pensadas e projetadas para que ofereçam condições ambientais favoráveis para o processo de aprendizagem, sendo esses ambientes de grande responsabilidade social em virtude de sua finalidade educativa.
Por outro lado, o consumo energético dessas edificações vem se intensificando devido à necessidade de promover recintos adequados para a ocupação humana e a realização de

suas atividades(LOURENÇO; PINHEIRO; HEITOR, 2014), tornando necessário a utilização de estratégias e técnicas para aliar conforto ambiental e eficiência energética.
A técnica proposta neste trabalho busca melhorar o conforto térmico do ambiente e avaliar a energia consumida dos equipamentos de climatização controlados pelo sistema proposto.
Para desenvolver um protótipo de controlador que possa enviar comandos para o equipamento de climatização, ajustando parâmetros de temperatura e insuflamento do ar, monitorar as variáveis ambientais através de sensores de temperatura e velocidade do ar e comunicar-se numa rede de dados sem fio, foram pesquisadas tecnologias de baixo custo e facilmente encontradas no mercado, como Raspberry Pi, Arduino, Esp, ScadaBR e sensores de temperatura e velocidade do ar.

Metodologia

O controlador proposto funciona por meio da comunicação sem fio com o equipamento de climatização através de interfaces IR(Infravermelho), permitindo a comunicação com o condicionador de ar através da mesma tecnologia utilizada nos controles remotos sem fio. O objetivo é facilitar a comunicação com os equipamentos de climatização e seu controle sem instalações intrusivas. O controlador também integrará sensores para coletar as informações ambientais como temperatura e velocidade do ar, que serão usadas para telemetria e tomada de decisão para o controle do equipamento de climatização.
As tecnologias Raspberry Pi, Arduino, Esp e ScadaBR, foram escolhidas como ferramentas de *software* e *hardware* para o processamento de dados coletados pelos sensores e comunicação entre os módulos do sistema.

Tecnologias de *software* e *hardware*: Raspberry Pi, Arduino, Esp e ScadaBR

Raspberry Pi é um computador de baixo custo do tamanho de um cartão de crédito projetado originalmente para educação. Devido ao seu pequeno tamanho e preço acessível, foi rapidamente adotado por fabricantes e entusiastas de eletrônicos para projetos que exigem mais do que um microcontrolador básico (como dispositivos Arduino)(OPENSOURCE, 2019).
O Raspberry Pi é mais lento do que um computador moderno, mas ainda é um *hardware* poderoso e embarcado com um sistema operacional pode fornecer todas as funcionalidades esperadas de um computador.
Arduino é uma plataforma com um microcontrolador que pode ser programado. O Arduino contém interfaces de entrada e saída de sinais elétricos popularmente chamadas de portas e que possuem diferentes finalidades. Portas para comunicação serial, portas de entrada para sinais analógicas e de saídas PWM (Power Wave Modulation), entre outras. Essas portas analógicas e digitais podem ser usadas para leitura e escrita de dados, possibilitando a conexão de botões, sensores, LEDs, módulos de comunicação ou quaisquer outros dispositivos, tornando inúmeras as possibilidades de uso para a plataforma(ARDUINO, 2019).
O ScadaBR é um sistema supervisório disponibilizado em licença Open Source (software livre). Foi criado para desenvolver aplicações automatizadas em qualquer tipo de ambiente: Indústrias, Laboratórios, Automação Predial, Saneamento, Sistemas de Energia, etc(SCADABR, 2019).
Esp é um módulo wifi que pode ser programado. Assim como a plataforma arduino, possui interfaces de entrada e saída de sinais elétricos para finalidades como comunicação serial,

entrada de sinais analógicos e de saídas PWM (Power Wave Modulation). Essas portas também possibilitam a conexão de botões, sensores, LEDs, módulos de comunicação entre outros(EMBARCADOS, 2019).

Módulo de sensoriamento e controle dos equipamentos de climatização

Para o processamento dos dados coletados pelos sensores de temperatura do ambiente e velocidade do ar será usado a plataforma Esp, que é composta por um microcontrolador com tecnologia wifi embarcada. Esses dados coletados pelos sensores serão processados pelo microcontrolador e enviados para o supervisório pela rede através de tecnologia de comunicação sem fio.

***Software* supervisório**

O *software* ScadaBR será instalado na Raspberry Pi. O *software* de supervisão e aquisição de dados ScadaBR provê um banco de dados, um web Server para acesso remoto, assim como interfaces para aquisição e envio de dados através de redes de comunicação. O ScadaBR permite receber dados com diferentes protocolos e possui integrado um banco de dados onde pode armazenar as informações coletadas. O servidor web oferece uma interface para o usuário onde é possível visualizar através de um navegador todas as informações coletadas, assim como enviar comandos remotamente e gerar relatórios.

Comunicação entre os módulos

A comunicação entre os módulos de sensoriamento e controle e o *software* supervisório será feita usando uma rede sem fio criada com os recursos de comunicação da Raspberry Pi. Como algum módulo de sensoriamento e controle pode não ter alcance para enviar as informações diretamente para o supervisório, optou-se por topologia mesh entre os módulos, dessa forma, as mensagens podem trafegar através dos módulos até alcançar o destino. A comunicação entre o supervisório e o usuário será baseada no modelo cliente servidor, utilizando a estrutura da própria rede criada.

Interface com Usuário

A forma de interação do usuário com o sistema é através de um navegador, utilizando uma estrutura de serviços WEB. O usuário acessando o navegador poderá solicitar ou enviar informações para os módulos de sensoriamento e controle de climatização conectados na rede. Essas informações enviadas pelo usuário poderão ser comandos de ajuste de parâmetros de temperatura e velocidade de insuflamento do ar, assim como comandos de acionamento e desligamento do condicionador de ar.

Calibração e validação dos sensores de temperatura e velocidade do ar

Para validar os resultados obtidos pelos sensores será usado o equipamento comercial Kimo C310, que possui sensores de temperatura e velocidade do ar com certificado de calibração(KIMO INSTRUMENTS, 2019).

Resultados e Discussão

As informações de velocidade do ar coletadas nos primeiros testes de calibração dos sensores montados na plataforma arduino são mostrados na figura a seguir. Os dados

coletados pelo sensor de temperatura ficaram próximos dos obtidos com o equipamento Kimo, assim como os valores de velocidade do ar dentro da faixa de 0 a 1 m/s. Acima desta faixa os dados coletados divergiam do sensor comercial.

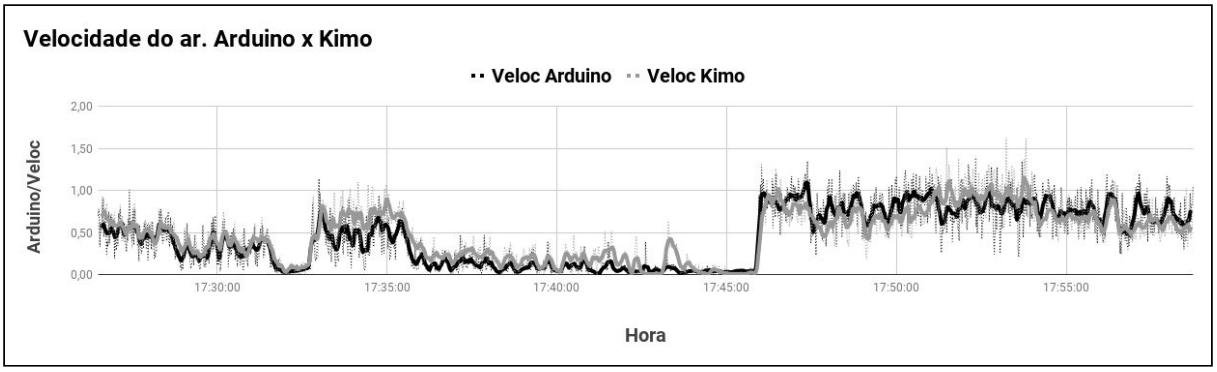

Figura 1. Aferição do sensor de velocidade do ar.
Fonte: Autor.

Como os cálculos realizados pelo algoritmo usam valores de velocidade do ar dentro da faixa de 0 a 1 m/s, ficou evidente que os valores obtidos na calibração eram satisfatórios para a tomada de decisão no funcionamento do controlador.

Após a calibração dos sensores foram realizados testes de controle de um equipamento de climatização juntamente com o monitoramento das variáveis ambientais pelos sensores de temperatura e velocidade do ar. O controlador foi instalado em sala de aula equipada com sistema de climatização do tipo SPLIT, onde normalmente o equipamento de climatização era controlado pelos ocupantes apenas no início das atividades.

Para analisar a energia consumida pelo equipamento de climatização durante os testes, foi instalado um analisador de energia modelo CW240, da Yokogawa no circuito elétrico que alimenta o equipamento.

Nos primeiros dados obtidos nos testes em sala de aula durante o funcionamento do equipamento de climatização, realizado com controle e ajuste automático dos parâmetros de temperatura e velocidade de insuflamento do ar, observou-se que houve uma permanência dentro dos limites dos índices de conforto calculados em comparação com os dados obtidos durante os testes sem a intervenção do controlador de climatização.

Os primeiros dados do analisador de energia mostrados nas figuras a seguir forneceram a informação do tempo de funcionamento e consumo do equipamento de climatização, ficando evidente a redução no tempo em que o equipamento fica ligado consumindo energia.

Figura 2. Consumo do equipamento de climatização sem o controle.
Fonte: Autor.

Figura 3. Consumo do equipamento de climatização com o controle.
Fonte: Autor.

Considerações Parciais

Os primeiros resultados obtidos nos testes do controlador de climatização sugerem que as tecnologias escolhidas são eficazes, tanto para sensoriar as variáveis ambientais de temperatura e velocidade do ar, como para controlar o equipamento de climatização através da interface IR. Observou-se uma melhoria no índice de conforto térmico calculado naquele ambiente durante o funcionamento da climatização com monitoramento e controle. Os resultados também sugerem uma redução do consumo energético em função do equipamento trabalhar de forma mais eficiente acionando o sistema de refrigeração por um tempo menor.

Referências

ORAL G.K.; YENER A.K.; Bayazit N.T. **Building envelope design with the objective the ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. Build Environ**, 2004; 39(3):281-7.Disponível em: <https://kundoc.com/pdf-building-envelope-design-with-the-objective-to-ensure-thermal-visual-and-acousti.html>. Acesso em: 15 Mai 2019.

BURGOS E.G.; GRIGOLETTI G.C.; PAIXÃO D.X. **Otimização do conforto ambiental no espaço escolar: uma visão sustentáve**l. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 2015. Disponível em:

<https://online.unisc.br/seer/index.php/cinergis/article/viewFile/6019/4200>. Acesso em: 20 Mai 2019.

EMBARCADOS. **Apresentando o módulo ESP8266**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>. Acesso em: 20 Jun 2019.

KIMO INSTRUMENTS. **C310 Capteur multifonction**. Disponível em: <https://kimo.fr/fr/capteur/c-310>. Acesso em: 20 Jun 2019.

KROEMER, E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 20 Jun 2019.

SCADABR. **Você já conhece o ScadaBR?** Disponível em <http://www.scadabr.org.br>. Acesso em: 20 Jun 2019.

OPENSOURCE.COM. **What is Raspberry Pi?** Disponível em <https://opensource.com/resources/what-raspberry-pi>. Acesso em: 20 Jun 2019.

LOURENÇO P.; PINHEIRO M.D.; HEITOR T. From indicators to strategies: **Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portuguese school buildings**. 2014.Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881400718X>. Acesso em: 15 Mai 2019.