



## **UM PROTÓTIPO DE TOMADA INTELIGENTE PARA CONTROLE DE TEMPERATURA UTILIZANDO O ATMEGA328**

**Marlon Emmerick** – marlonemmerick@gmail.com

**Carlos Eduardo Pantoja** – pantoja@cefet-rj.br

**Nilson Mori Lazarin** – nlazarin@cefet-rj.br

CEFET-RJ Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca –  
UnED Nova Friburgo

Av. Governador Roberto Silveira, 1900, Prado

28.635-000 – Nova Friburgo – Rio de Janeiro

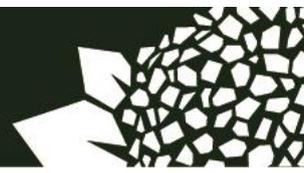
**Resumo:** *Este artigo apresenta um modelo de tomada capaz de realizar o controle térmico de ambientes, gerenciando de forma autônoma até dois equipamentos: um de resfriamento e um de aquecimento. O protótipo leva em consideração a temperatura ambiente, a temperatura informada pelo usuário como ideal e a presença de indivíduos no ambiente como variáveis para determinar se existe ou não a necessidade da climatização naquele momento. Os objetivos são: proporcionar economia energética, possibilitar que equipamentos eletrônicos legados possuam tecnologia de controle térmico, reduzindo assim o descarte prematuro destes equipamentos, além de oferecer suporte a ambientes que necessitam de controle contínuo de temperatura. O modelo é composto de um sensor digital de temperatura, dois módulos relés, um micro controlador, um potenciômetro, duas tomadas e um sensor de movimento. Fora realizada a comparação, deste, com alguns trabalhos relacionados, além de experimentos que demonstram o cumprimento dos objetivos propostos. A partir dos resultados dos experimentos, é apresentado um demonstrativo da economia de energética proporcionada.*

**Palavras-chave:** *Gerenciamento, Temperatura, Presença, Inteligente*

### **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta um modelo de tomada inteligente capaz de realizar o controle térmico de ambientes, através de equipamentos populares, ou que não possuem esta função. Este protótipo proporciona comodidade, uma vez que o gerenciamento é automatizado; segurança, evitando, por exemplo, que aquecedores sejam esquecidos ligados; redução do lixo eletrônico, evitando a substituição de equipamentos ainda em condições de funcionamento; redução do gasto de energia elétrica, porquanto os equipamentos funcionam apenas o tempo necessário e quando houve algum indivíduo no ambiente; e auxilia na preservação do meio ambiente, fazendo com que equipamentos, tais como ar-condicionados, emitam menos gases na atmosfera.

Vale ressaltar que equipamentos existentes no mercado tais como os temporizadores não são eficazes, pois o controle térmico em função do tempo não é



ideal, visto que, em curtos espaços de tempo podem ocorrer grandes mudanças na temperatura. Ainda que equipamentos ou até mesmo trabalhos relacionados a este contenham controle de temperatura embarcado, esses, não consideram a presença de indivíduos no ambiente, tornando assim o protótipo apresentado interessante em diversas aplicações.

Ainda sobre o consumo destes equipamentos temos como exemplo, o ar condicionado, que de acordo com (ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA, 2012) “*representa, em média, 40% do consumo mensal de energia*”. Dimensionando também o consumo de um aquecedor elétrico podemos destacar que o preço do eletrodoméstico pode ser superado, ao do gasto com o funcionamento, em apenas um mês, de acordo com (R7, 2010). Deve-se considerar ainda o custo ambiental, apenas um ar condicionado, funcionando 8 horas por dia durante um ano é capaz de lançar na atmosfera 233 Kg CO<sub>2</sub> (INFO EVEN, 2013).

Segundo a (ANEEL, 2013) a maior parte da energia consumida no país é gerada nas hidrelétricas e, seguindo a lógica da política brasileira, é provável que novas sejam construídas ao invés da ampliação da capacidade das hidrelétricas existentes. Em vista disto observamos custo ambiental em decorrência destas obras, já que “*os impactos mais significativos ocorrem nas fases de construção e de operação da usina*”, segundo (SOUSA, 2000).

Devemos destacar também para a compreensão do problema a questão do lixo eletrônico que, segundo (GROSSMANN, 2013) o Brasil já produz um milhão de toneladas de lixo eletrônico por ano. A substituição de equipamentos, ao invés da utilização de tecnologias de gerenciamento térmico, tais como a proposta neste artigo, contribuem para o aumento deste cenário.

Além disso, salientamos que determinados ambientes, necessitam continuamente de controle térmico como, por exemplo, hospitais onde, para o bem estar dos pacientes, a temperatura deve ser regulada constantemente, ou até mesmo em salas de servidores de hospedagem de arquivos, onde a temperatura deve ser controlada para não danificar equipamentos e haver perda de dados.

O que motivou a construção deste modelo de tomada foi: a necessidade de certos ambientes de se manter um controle automático da temperatura, a diminuição no desperdício de energia e a redução do impacto ambiental, sobretudo no que diz respeito ao lixo eletrônico.

A finalidade deste projeto é construir um modelo de tomada capaz de realizar o controle térmico automatizado de ambientes. Para tal foi utilizado um micro controlador modelo ATmega328, relés, sensores de temperatura e de presença e um algoritmo de gerenciamento, além de outros periféricos para aumentar a interatividade, tudo para obter um protótipo capaz de gerenciar equipamentos de aquecimento e/ou resfriamento de maneira automática. O objetivo é o usuário informar a temperatura desejada, o protótipo verificar se existe presença no ambiente, se sim comparar a temperatura atual com a desejada aquecendo ou resfriando de acordo com a necessidade, se não manter tudo desligado com a intenção de minimizar ainda mais a economia de energia.

Este artigo está dividido em introdução, na seção 1, na qual é apresentada uma visão geral do assunto a ser tratado, o problema e como este projeto pretende minimizá-los, além do objetivo em si. Na seção 2 são apresentados e comparados os trabalhos relacionados. Na seção 3, é apresentado o protótipo. Posteriormente, na seção 4, são relatados os experimentos. Na seção 5, são apresentados os resultados e as discussões, demonstrando o alcance dos objetivos. Por fim, na seção 6, é exposta a conclusão, além de sugestões sobre futuros trabalhos.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

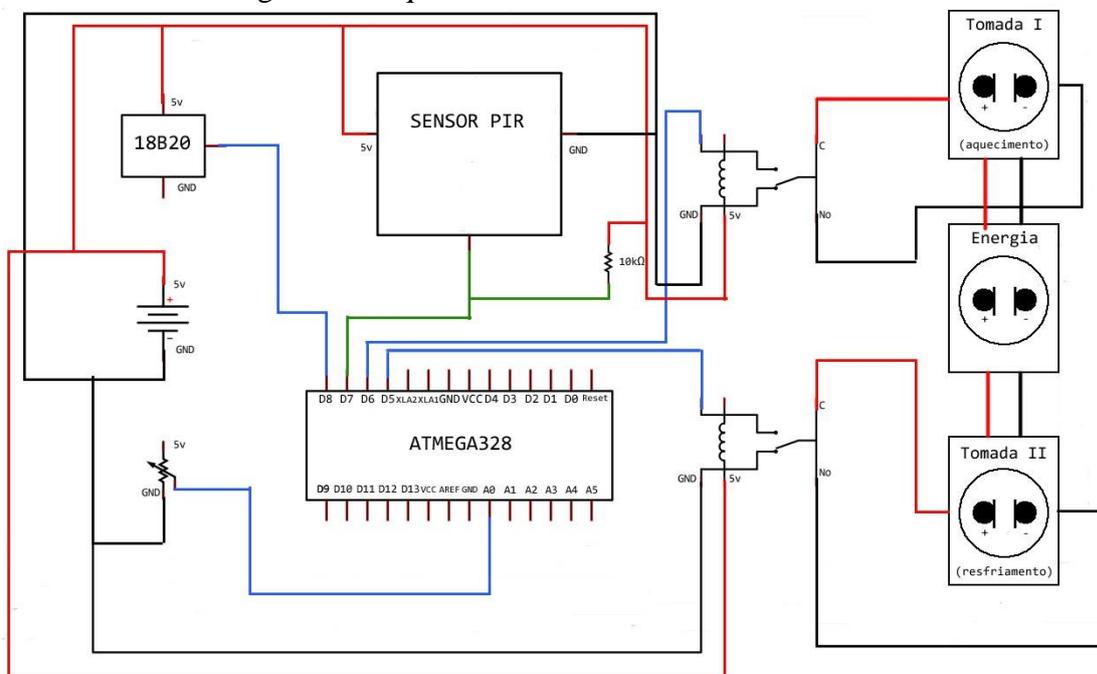
Existem na literatura artigos análogos que buscam da mesma forma fazer com que equipamentos populares adquiram a função de controle térmico, como exemplo o de (SILVA et al., 2011), contudo equipamentos como este não consideram a presença de indivíduos no ambiente como condição para funcionamento. Outro ponto a ser destacado é que não é possível também realizar o controle simultâneo de aquecimento e resfriamento, diferente do modelo de tomada apresentado neste artigo.

Já no sistema proposto por (OLIVEIRA et al., 2006) existe um problema relacionado ao sensor de temperatura do tipo LM35 que, por experiência por uso em laboratório e em trabalhos homólogos como em (EMMERICK et al., 2012), não apresenta confiabilidade como um sensor digital usado neste artigo, além do mesmo também não apresentar a questão da detecção de presença como no artigo anterior.

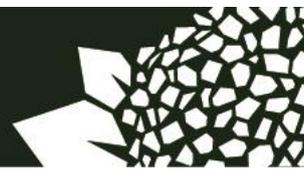
## 3. O PROTÓTIPO

Para a construção da tomada deste modelo de tomada foram utilizadas duas tomadas, dois relés que servem para liberar energia para as tomadas de acordo com a necessidade, um sensor de presença PIR responsável por identificar movimento no ambiente, um sensor de temperatura, um potenciômetro que serve como entrada da temperatura ideal através do usuário, micro controlador ATmega328 da Atmel. O micro controlador é o responsável por processar o algoritmo de gerenciamento térmico gerenciando todos os sensores e efetadores, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Esquema eletrônico da modelo de tomada.



O funcionamento de todo o processo é simples: primeiro o usuário informa a temperatura desejada, o micro controlador lê a temperatura ambiente e comparada com



a temperatura inserida. Caso a temperatura ambiente esteja 2°C acima da inserida pelo usuário o sistema começa resfriar através do equipamento ligado a tomada de resfriamento, outra situação é se caso a temperatura esteja abaixo em 2° C o sistema começa a aquecer até que a temperatura ideal seja atingida. Existe ainda a possibilidade da temperatura estar entre esse limite superior e inferior o sistema mantém aquecimento e resfriamento desligados. Em qualquer desses estados o modelo de tomada estará sempre atualizando os valores. O fator chave é a questão da presença: o sensor faz a leitura e o protótipo só faz a verificação dos estados citados acima se existir presença, mantendo tudo desligado. É possível alterar o código para que, em determinadas aplicações que não exija presença humana funcione sem problemas maiores. O algoritmo em questão é demonstrado na Tabela 1.

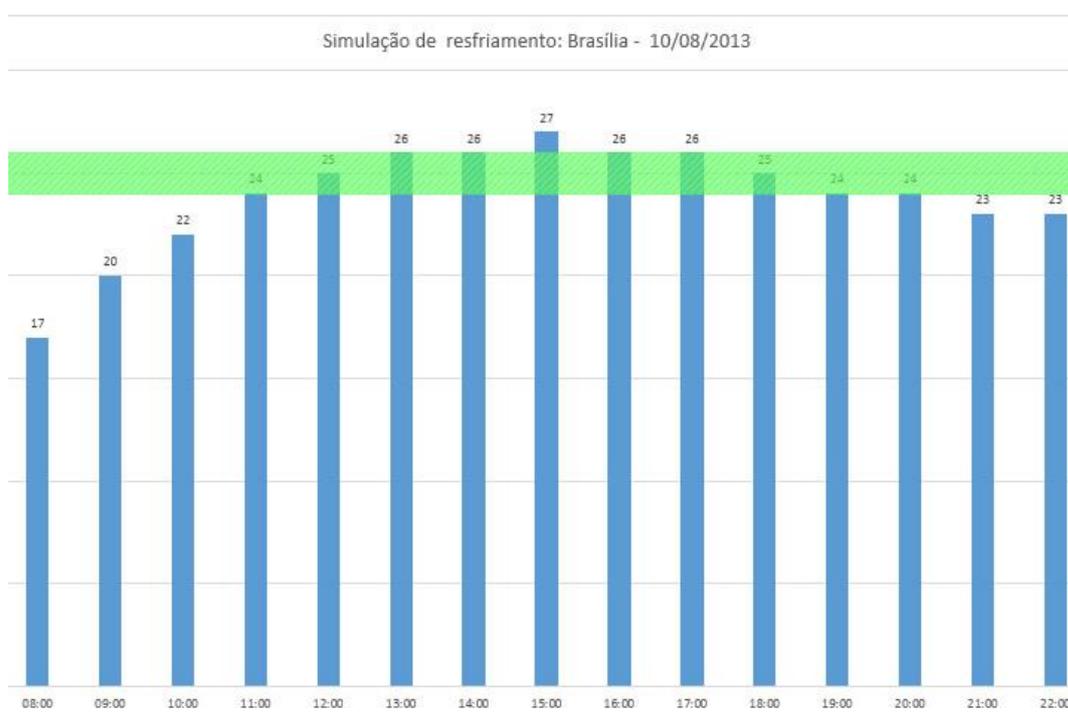
Tabela 1 – Algoritmo Usado no protótipo para o gerenciamento

Protótipo de tomada inteligente para gerenciamento térmico utilizando ATmega328 (TemperaturaAtual, TemperaturaDesejada, existePresenca)
<b>Entrada:</b> temperatura Desejada, temperatura Atual, presença de indivíduos <b>Saída:</b> ação a ser tomada
<pre> início  LimiteSuperior = TemperaturaDesejada + 2; LimiteInferior = TemperaturaDesejada - 2; Se ( existir presença no ambiente){   Se ( temperatura Atual &gt; LimiteSuperior ){     Enquanto (temperatura Atual &gt; Temperatura Desejada) e (existePresenca){       Resfria o ambiente       Verifica presença       Atualiza valores     }     Desliga resfriamento   }   Senão se ( temperatura Atual &lt; LimiteInferior){     Enquanto (temperatura Atual &lt; Temperatura Desejada ) e (existePresenca){       Resfria o ambiente       Verifica presença       Atualiza valores     }     Desliga aquecimento   }   Senão {     Desliga tudo   } fim         </pre>

São apresentados abaixo alguns casos com o objetivo de ilustrar melhor o funcionamento na prática. Foram consideradas apenas a variação da temperatura e a temperatura inserida como ideal como variantes para determinar o funcionamento do sistema, ou seja, a questão da presença de indivíduos ou falta não foram consideradas.

Primeiro caso: resfriamento - Este caso ilustra o funcionamento do protótipo quando existe a necessidade apenas de resfriamento no horário que se compreende entre 08:00 e 22:00 do dia 10/08/2013 na cidade de Brasília. A temperatura ideal escolhida foi 24°C. Das 14h de funcionamento do ambiente, neste caso para este dia, o sistema de resfriamento estaria funcionando, no pior caso, das 13:00 as 17:00, conforme Figura 2.

Figura 2 – Gráfico feito à partir de dados retirados do site <http://www.timeanddate.com>, resfriamento inicia acima da área verde



Segundo caso: Aquecimento - Este caso simula o funcionamento com a necessidade estritamente para aquecimento do ambiente no período compreendido entre 22h as 09h na cidade de Brasília durante os dias 10 e 11 de agosto e 2013. A temperatura ideal escolhida foi 20°C. Das 10h de funcionamento, neste caso, para este dia, o sistema de aquecimento estaria funcionando das 02h às 09h, conforme Figura 3.

Terceiro caso: aquecimento/resfriamento - No terceiro caso adota-se a necessidade de manter a temperatura de 22°C, ou seja, temperatura entre 20°C e 24°C, ainda na cidade de Brasília, das 9:00 do dia 10/11/2013 até as 08:00 do dia seguinte. Os resultados da simulação podem ser vistos na Figura 4.



Figura 3 – Figura feita a partir de dados retirados do site <http://www.timeanddate.com>, aquecimento inicia abaixo da área verde

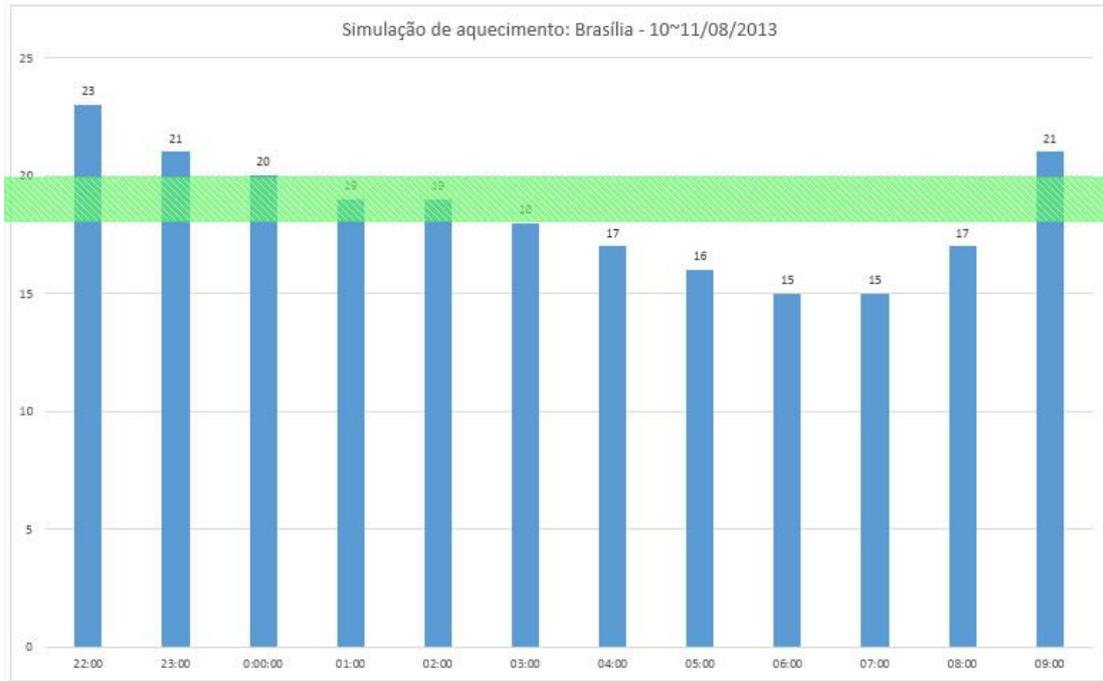
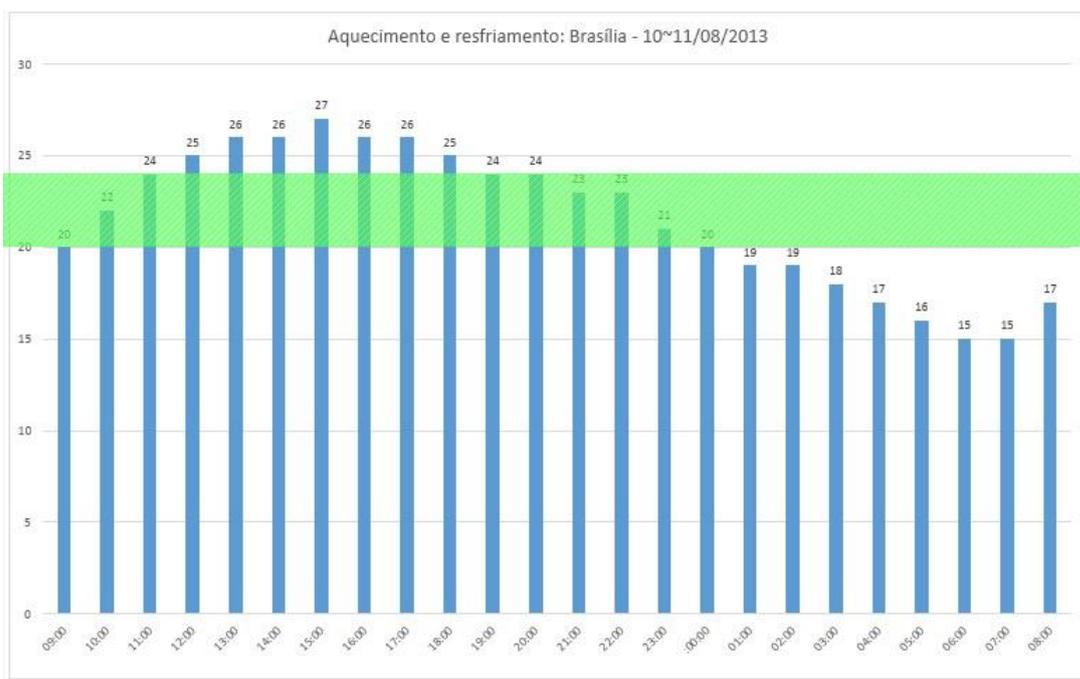


Figura 4 – Gráfico feito à partir de dados do site <http://www.timeanddate.com>, área acima da verde significa necessidade de resfriamento, abaixo de aquecimento

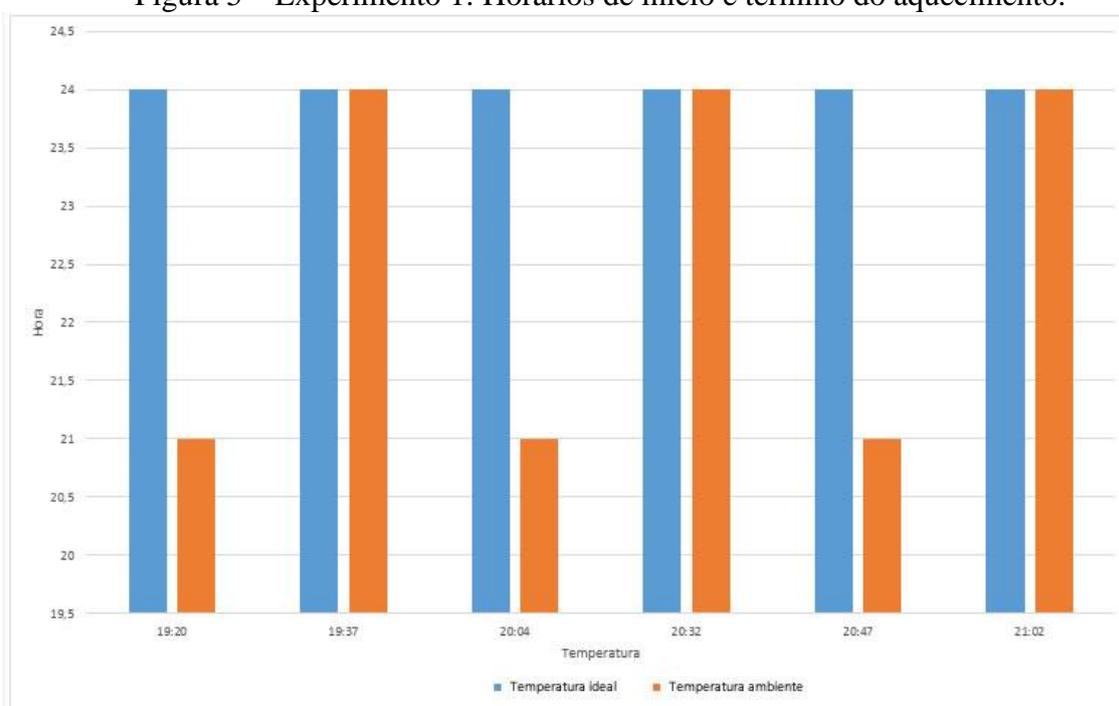


#### 4. EXPERIMENTOS

Planejando demonstrar o funcionamento prático deste protótipo foram realizados experimentos utilizando um aquecedor de tensão cuja tensão é de 220v, modelo A-03 da Mondial, com potência de 2000W. Durante o teste o protótipo permaneceu ligado a um computador com o intuito de colher informações do tempo em que foi ligado e desligado o aquecimento. Os testes foram realizados em um ambiente residencial de 12m<sup>2</sup> na cidade de Nova Friburgo, região serrada do estado do Rio de Janeiro, nos dias 11 e 12 de agosto de 2013. a temperatura ideal escolhida foi de 24°C graus.

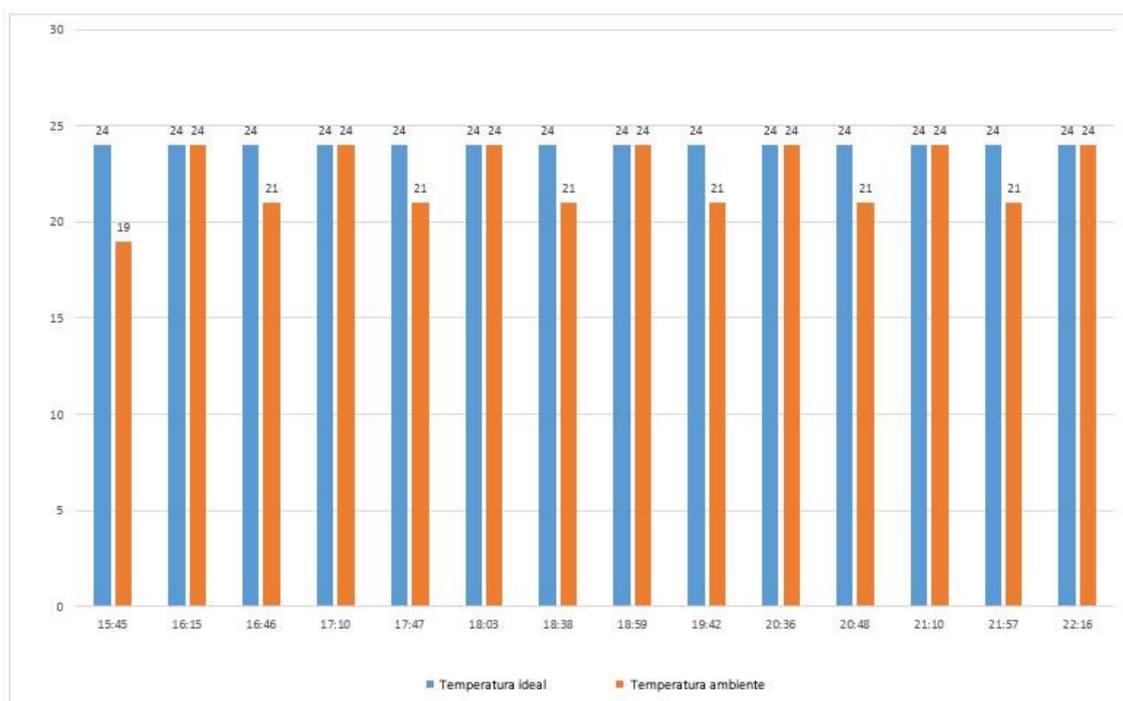
O primeiro experimento ocorreu no dia 11. A temperatura inicial do ambiente era de 21°C. O equipamento acionou o relé de aquecimento mantendo ligado até que a temperatura ambiente atingisse 24°C, ou seja, a temperatura atual estava abaixo da temperatura desejada, assim o sistema agiu como o esperado buscando a temperatura desejada. Aproximadamente as 19:37 a temperatura ambiente atingiu os 24°C, quando o relé foi automaticamente desligado pelo microprocessador. Em seguida foi observado o tempo do resfriamento natural do ambiente. Quando a temperatura caísse para menos de 22°C o sistema seria novamente iniciado, esse acionamento ocorreu aproximadamente as 20:04. O sistema funcionou dessa forma até às 21:02, ou seja, por aproximadamente 01:40 quando o teste foi encerrado. Os horários do início e término do aquecimento deste experimento podem ser acompanhados na Figura 5.

Figura 5 – Experimento 1: Horários de início e término do aquecimento.



Foi realizado um segundo experimento, desta vez no dia 12 com início as 15:45 e término as 22:16, utilizando o mesmo aquecedor do experimento anterior e com o mesmo mecanismo de observação dos resultados através do computador. O sistema funcionou perfeitamente, ligando e desligando o aquecedor conforme determinação do micro controlador. Os detalhes do experimento segue na Figura 6.

Figura 6 – Experimento 2: Horários de início e término do aquecimento.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de simular o consumo em kWh/mês e o custo em reais (R\$) para se comparar com um aquecedor que não possui função de controle de temperatura utilizou-se um simulador de consumo de energia, disponibilizado pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia) que se encontra no link [www.copel.com/hpcopel/simulador/](http://www.copel.com/hpcopel/simulador/), os valores inseridos foram os obtidos no primeiro teste, e os resultados estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Primeira simulação utilizando dados de experimento e o site de COPEL

	Aquecedor convencional	Aquecedor com tomada inteligente
<b>HORAS EM FUNCIONAMENTO</b>	1 hora 40 minutos	1 horas
<b>CONSUMO</b>	90 kWh por mês	54 kWh por mês
<b>GASTOS</b>	R\$ 35,67 por mês	R\$ 21,60 por mês

Observando a tabela com dados obtidos no simulador de consumo tem-se uma economia em torno de 39% em relação a um equipamento sem termostato. Vale ressaltar que o teste não leva em consideração a questão da presença humana, ou seja, o funcionamento foi como se houvesse presença a todo o momento, se caso alguém tivesse saído deste ambiente a economia seria ainda maior.



Da mesma maneira foi feito com o segundo teste, usando-se um simulador buscou saber quanto de economia foi obtido em relação a equipamentos convencionais, segue o resultado na Tabela 3.

Tabela 3 - Segunda simulação utilizando dados de experimento e o site da COPEL

	<b>Aquecedor Convencional</b>	<b>Aquecedor com Tomada Inteligente</b>
<b>HORAS EM FUNCIONAMENTO</b>	6 horas e 30 minutos	3,1 horas
<b>CONSUMO</b>	360 kWh por mês	186 kWh por mês
<b>GASTOS</b>	R\$ 142,67 por mês	R\$ 73,71 por mês

Observando a tabela nota-se que o sistema poupou cerca de 51% da energia que seria gasta se o utilizasse durante as 6 horas e 30 minutos, ou seja, sem desligar. Com o protótipo, além do conforto de se obter uma temperatura regulada baseada na selecionada pelo usuário destaca-se também a segurança em evitar que o equipamento aqueça demasiadamente.

Tendo em mente os testes realizados nota-se que o protótipo atingiu pontos como o de proporcionar controle térmico automatizado através de equipamentos sem esta tecnologia para ambientes que possuam essa necessidade, a diminuição no desperdício de energia através do funcionamento controlado de acordo com a conveniência e a redução do impacto ambiental, sobretudo no que diz respeito ao lixo eletrônico se pensarmos no descarte precoce.

## 6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou um modelo de tomada capaz de realizar o controle térmico através de equipamentos populares ou que não possuem esta função fornecendo comodidade ao usuário, pois o processo é feito automaticamente, segurança, evitando que aquecedores sejam esquecidos ligados; redução do lixo eletrônico, tendo em vista que equipamentos são descartados ainda em condições de funcionamento; redução do gasto de energia, fazendo que os equipamentos funcionem apenas no tempo necessário e quando existir presença e também auxiliando na redução da poluição, pois como estes equipamentos permanecem menos tempo ligados, consequentemente, emitem menos gases.

Conclui-se que, embora exista inclusive no mercado aparelhos já com termostato, este protótipo adquire a função especial de levar em consideração a presença de indivíduos como variante, tornando-o útil para inúmeras aplicações.

Como trabalhos futuros pode-se buscar uma maneira de identificar a presença de outra forma, não observando movimentos no ambiente, mas com outro tipo de sensoriamento que identifique a presença mesmo com indivíduos imóveis no ambiente. Uma sugestão seria implementar o conceito do trabalho de (OLIVEIRA et al., 2012) como maneira de identificação. Outro aspecto que pode ser implementado possibilitar o gerenciamento de múltiplos ambientes, simultaneamente.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Matriz de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA. **Eficiência Energética: principais dúvidas do consumidor,** 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/JsGAu3>>. Acesso em: 13 abr. 2013

EMMERICK, M.; LAZARIN, N. M.; PANTOJA, C. E. **Thermo Tomada: um protótipo de tomada inteligente para gerenciamento térmico.** In: VI FECTI - FEIRA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2012 Disponível em: <<http://www.cederj.edu.br/divulgacao/fecti/FectisAnteriores/SextaFecti.zip>>. Acesso em: 30 jan. 2013

GROSSMANN, L. O. **Brasil já produz 1 milhão de toneladas de lixo eletrônico por ano - Convergência Digital - Gestão.** Disponível em: <<http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=34032&sid=16#.UgqSdW0lLak>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

INFO EVEN. **Calculadora de CO2.** Disponível em: <<http://www.even.com.br/calculadora/index.asp>>. Acesso em: 1 mar. 2013.

OLIVEIRA, T. P. G. DE et al. **Redução do consumo de energia elétrica através da automação dos eletrodomésticos utilizando um sonar.** In: VI FECTI - FEIRA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2012 Disponível em: <<http://www.cederj.edu.br/divulgacao/fecti/FectisAnteriores/SextaFecti.zip>>. Acesso em: 30 jan. 2013

OLIVEIRA, F. M. G. DE S. A.; CUNHA, J. M. F.; BORGES, G. A. **UM CURSO DE LABORATÓRIO PARA O ENSINO DE CONTROLE FUZZY.** In: COBENGE 2016 - XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Passo Fundo-RS: ABENGE, 2006 Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sexsoestec/art2121.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2013

R7. **Consumo de energia do aquecedor pode superar o preço da compra em 1 mês.** Notícias R7 [online]. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/economia/noticias/consumo-de-energia-do-aquecedor-pode-superar-o-preco-da-compra-em-1-mes-20100717.html>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

SILVA, H. O. DA et al. **CONSUMO INTELIGENTE DE ENERGIA X LIXO ELETRÔNICO: O PROJETO MÓDULO CONTROLADOR DE TEMPERATURA PROGRAMÁVEL (MCTP).** In: COBENGE 2011 - XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Blumenau-SC: ABENGE, 2011 Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sexsoestec/art2121.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2013

SOUSA, W. L. DE. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise comparativa de duas abordagens.** Mestrado—Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2000.



## **AN INTELLIGENT PLUG PROTOTYPE FOR THERMAL CONTROL USING ATMEGA328**

**Abstract:** This paper presents a plug model that is able to realize the environment thermal control, the device also manages two devices autonomically: one for heating and another for cooling. The prototype considers the environment temperature, the user's informed ideal temperature and the persons presence into the environment as variables to determine if exists the climatization necessity in a moment or not. The objectives of this paper are: to provide energy savings; to enable some electronic devices accept thermal control, reducing the premature disposal of these devices; besides the prototype offers support to environments that needs continuous thermal control. The prototype is composed of a temperature digital sensor, two relays, a microcontroller, a potentiometer, two sockets and a movement sensor. A comparison with some related works were realized, besides some experiments that showed how the objectives were accomplished. From the experimental results is provided a demonstration analysis of energy savings.

**Key-words:** *management, temperature, presence, intelligent*