

## **Green Building: Uma abordagem inteligente para adaptação ambiental**

Muriel Figueredo Franco<sup>1</sup>; Antônio César Silveira Baptista da Silva<sup>2</sup>; Anderson Priebe Ferrugem<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [mffranco@inf.ufpel.edu.br](mailto:mffranco@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFPEL – [acsbs@uol.com.br](mailto:acsbs@uol.com.br)

<sup>3</sup>Centro de Desenvolvimento Tecnológico - UFPEL – [ferrugem@inf.ufpel.edu.br](mailto:ferrugem@inf.ufpel.edu.br)

### **1. INTRODUÇÃO**

A utilização racional de energia tem sido tema de discussão em diversos setores do cenário mundial, tendo a eficiência energética como principal pilar para as políticas de energia sustentável. No Brasil, foi estabelecido em 2003, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), onde as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais, reduzindo assim os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

O uso constante de equipamentos para ventilação artificial em prédios comerciais e residenciais, tem se tornado uma ação comum ao longo dos anos. Essa prática, em conjunto com outros equipamentos dependentes de recursos energéticos não renováveis, têm contribuído para a emissão de gases nocivos ao planeta, provocando assim, consequências desastrosas, como chuvas ácidas e redução da camada de ozônio. No Brasil, 22 milhões de kW de energia é desperdiçado por ano, devido a má utilização de equipamentos.

As soluções apontadas por especialistas, seria conter esse déficit por meio de técnicas e ou tecnologias que utilizem de maneira mais eficiente os recursos providos pela natureza. Mediante isso, surge a necessidade de retomada da arquitetura a seus princípios básicos, ou seja, a busca natural de projetistas para adaptar a edificação ao seu ambiente climático, de modo a otimizar o desempenho energético, mantendo as condições de conforto aos humanos.

A Google, grande fornecedora de serviços online, divulgou recentemente a utilização de técnicas de Inteligência Artificial para controlar a eficiência energética em seus Data Center, o projeto utilizando aprendizagem de máquina, é descrito por GAO (2014).

Alguns autores, como em MARTINS (2009), verificaram uma enorme influência da operação de janelas por usuários no balanço de energia em prédios comerciais e residenciais. Com isso, temos uma ótima motivação para a elaboração de um sistema inteligente especialista para gerenciar os recursos oferecido pelo projeto arquitetônico.

A elaboração de um controle computacional para explorar este tipo de arquitetura possibilita planejar e controlar o uso de um edifício, permitindo assim, que o prédio atue de forma simbiótica com seus ocupantes e meio ambiente. O sistema de controle se propõe a exercer um papel de usuário especialista, de modo que um ocupante possa obter todos os benefícios de uma arquitetura bioclimática, sem se preocupar com a tomada de decisão. A utilização de técnicas de inteligência artificial para implementação deste sistema de controle se dá em função do grande número de variáveis e configurações passíveis de verificação e interdependências não-lineares, as quais, tornam difícil compreender e otimizar a eficiência energética.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, direcionamos nossa atenção para o estudo e aplicação de algumas subáreas do campo da Inteligência Artificial, enfatizando os Sistemas Especialistas e as Redes Neurais.

Um sistema especialista, segundo FLORES (2003), é uma forma de sistema baseado no conhecimento especialmente projetado para emular a especialização humana de algum domínio específico. Com isso, buscamos através de nossa implementação desta técnica, obter um comportamento de um usuário especialista, baseando suas decisões em regras predefinidas.

Para implementação de um controle baseado em Redes Neurais, escolhemos um modelo de rede neural multiplayer perceptron com algoritmo de aprendizado backpropagation por ser um modelo bastante conhecido na literatura e adequado a abordagem adotada. O multilayer perceptron, de acordo com o teorema de aproximação universal, descrito em HAYKING (2000), se comporta como um aproximador de funções, o que o qualifica para a construção do controle, visto que, dado um conjunto de entradas ambientais e de estados das aberturas, se deseja mapear um comportamento das aberturas próximo ao ideal em relação ao conforto climático interno. Tendo como objetivo principal manter o ambiente agradável ao ser humano, o controle baseado em Redes Neurais é treinado para atuar na abertura e fechamento dos meios passivos de ventilação em uma região definida.

Para realizar os testes dos controles implementados, necessitamos de um complexo ambiente de simulação computacional.

A equipe do Laboratório de Conforto e Eficiência Energética de Universidade Federal de Pelotas modelou um protótipo de uma residência sustentável. Baseado neste modelo, criamos um ambiente para realização dos testes necessário.

O Energy Plus é o software responsável pela simulação de carga térmica e análise energética de nossa edificação. Segundo CUNHA (2014), o Energy Plus é definido como uma ferramenta para a modelagem de energia para a avaliação do desempenho do edifício, que permite simular os sistemas de aquecimento, iluminação e ventilação, de forma a quantificar seu consumo de energia.

Nossos algoritmos de controle foram implementados no Matlab (do inglês, “Matrix Laboratory”), que consiste em uma linguagem de alto nível e um ambiente interativo para computação numérica, visualização e programação.

Durante a simulação, é necessário que os dados disponíveis no Energy Plus sejam compartilhados com o algoritmo desenvolvido no Matlab, de modo que decisões de abertura e fechamento possam ser tomadas em tempo de simulação. Para criar este vínculo entre os dois softwares distintos, e possibilitar uma avaliação real da aplicação, recorreremos ao Building Controls Virtual Test Bed (BCVTB), que definido por WETTER (2011), é uma ferramenta com a função de realizar uma conexão entre diferentes programas de simulação, e com isso possibilitar a troca de informações durante uma simulação. O BCVTB expande a capacidade individual dos programas tradicionais, criando canais de comunicação entre eles e permitindo a usuários avançados inúmeras possibilidades de trabalho. A Figura 1 apresenta a interface de trabalho do BCVTB e um exemplo visual de comunicação entre o Energy Plus e o Matlab.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes dos controles implementados foram realizados em quatro cenários distintos:

- Cenário A – Mês de Janeiro na cidade de Florianópolis/SC
- Cenário B – Mês de Janeiro na cidade de Santa Maria/RS
- Cenário C – Mês de Julho na cidade de Florianópolis/SC
- Cenário D – Mês de Julho na cidade de Santa Maria/RS

Para criar estes cenários, possuímos acesso a um arquivos climáticos (WeatherFile) disponibilizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. Esses arquivos contém um ano típico de uma região climático, sua geração se dá através de cálculos e comparações entre dados climáticos proveniente de estações meteorológicas ou avaliações manuais na região desejada.

A Tabela 1 apresenta os resultados para os quatros cenários ao qual a edificação foi exposta e os resultados atingidos com os diferentes controles implementados, além de utilizar uma simulação com um controle padrão do Energy Plus, para fins de comparação.

Tabela 1. Resultados da aplicação de cada controle proposto

	Sistema especialista	Redes Neurais	Padrão
<b>Cenário A</b>	89%	89%	72%
<b>Cenário B</b>	81%	82%	70%
<b>Cenário C</b>	68%	67%	38%
<b>Cenário D</b>	56%	58%	26%

Os valores apresentados na Tabela 1 representam a porcentagem de horas totais em conforto térmico, durante um mês. Consideramos em conforto térmico uma hora que obtenha um Voto Estimado Médio na faixa entre -0.8 e +0.8. O Voto Estimado Médio, descrito por Fanger (1970), define uma equação que representa os processos de troca de calor entre o corpo e o ambiente e consiste em um valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor.

O sistema especialista (SE) implementado se preocupa com a abertura e fechamento das janelas durante os periodos de verão, já durante o inverno, possui a capacidade de também controlar os brises presentes no edificio. Deste modo, é possível aumentar a capacidade de armazenar calor através da radiação solar, e com isso aquecer o ambiente quando ocorre um desconforto por frio.

A construção da base de aprendizado da Rede Neural (RN) é um ponto extremamente importante, visto que o sucesso da aplicação é dependente deste processo. A análise de quais fatores climáticos estão diretamente relacionados com a tomada de decisão sobre abrir ou fechar janelas, ocorreu através da avaliação de dois grupos de trabalho: especialistas em eficiência energética e especialistas em Inteligência Artificial. Desse modo, foi possível definir quais dados climáticos são importantes para a base de aprendizado.

Percebe-se que tanto o controle baseado em um SE, quanto as RN, possuem resultados muito próximos. Esta proximidade foi adquirida após o longo processo de construção da base de treinamento, de modo que a RN é alimentada com dados provenientes de uma aplicação anterior do Sistema especialista, com isso a Rede Neural consegue obter uma capacidade de controle equivalente ao SE, porém com maior poder de generalização.

## 4. CONCLUSÕES

Devido a complexidade intrínseca no processo de utilização ótima de uma arquitetura bioclimática, necessita-se interação entre áreas distintas, com a finalidade de buscar por soluções para os problemas encontrados. A grande quantidade de informações e variáveis passíveis de verificação para a tomada de decisões, podem ser utilizadas por técnicas de Inteligência Artificial para a implementação de um sistema completo, que consiga prover uma melhor experiência de uma arquitetura bioclimática.

As controles propostos estão no limite de seu desempenho, portando pretendemos a implementação de outros dois controles: baseado em Lógica Difusa e Q-Learning. Estas implementações serão utilizadas para fins de comparação e para uma futura construção de um controle híbrido que consiga adquirir as melhores características de cada algoritmo proposto.

Na fase atual do projeto, pretendemos analisar o consumo energético da atuação dos controles em um prédio. O controle do acionamento de um HVAC, quando necessário, também é estudado, de modo que a edificação se mantenha em conforto térmico durante todo o tempo.

Pretende-se que os controles implementados e avaliados durante este trabalho sejam transportados para o mundo real. O projeto que tramita pela Universidade Federal de Pelotas propõe a construção de um edifício projetado por POUHEY (2011), e possivelmente, a utilização dos controles propostos neste trabalho para automação e maior aproveitamento do projeto arquitetônico.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gao, J. Machine Learning Applications for Data Center. **Google**, 2014.

Martins, D. Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2009.

Flores, C. D. **Fundamentos dos Sistemas Especialistas**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

HAYKIN, S. **Neural Networks**. Macmillan, 2001.

UFPEL. **Introdução a Simulação Computacional**. Material de aula, Pelotas, 2013. Especiais. Acessado em 27 dez. 2013. Online. Disponível em: <http://faurb.ufpel.edu.br/labcee>

Wetter, M. Co-Simulation of Building Energy and Control Systems with the Building Controls Virtual Test Bed. **Lawrence Berkeley National Laboratory**, 2011.

Fanger, P O. **Thermal Comfort**. McGraw Hill Book Company, 1970.

Pouey, J. Projeto de Edificação Residencial Unifamiliar para a Zona Bioclimática 2 com Avaliação Termo Energética por Simulação Computacional. **PPGA/UFPEL**, Dissertação de Mestrado, 2011.