

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Roberto Siqueira Rodrigues<sup>1</sup>

## Resumo

Este presente artigo científico realiza uma análise e comparação entre algumas técnicas de mineração de dados usando recursos do *software* WEKA, para facilitar a discussão sobre o tema eficiência energética na construção civil no Brasil. Combate ao desperdício de energético e de seu uso racional como um requisito de projeto de edificações. Analisando as práticas e padrões atuais de construção constata-se que os requisitos de conforto térmico não são observados. Este fato tem repercussão no consumo de eficiência energética na construção civil, uma vez que os usuários das edificações são levados a utilizar equipamentos elétricos a fim de estabelecer um conforto ambiental aceitável.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. Construção Civil.

## Abstract

This present scientific paper performs an analysis and comparison of some techniques of data mining using WEKA software features to facilitate discussion of the topic, Energy Efficiency in Building Construction in Brazil. Combating waste of energy and their rational use as a design requirement of buildings. Analyzing practices and current standards of construction it is clear that the requirements of thermal comfort are not observed. This has repercussions on consumption energy efficiency in construction, since the users of the buildings are brought to use electrical equipment in order to establish an acceptable environmental comfort.

**Keyword:** Energy Efficiency. Building Construction.

## Introdução

A participação das edificações residenciais, comerciais e públicas no consumo total de energia elétrica foi o fator decisivo para que as empresas adotassem um modelo de eficiência energética no Brasil. A tendência de crescimento verificada e estimada é ainda maior, sobretudo, devido à estabilidade da economia, aliada a uma política de melhor distribuição de renda. Tudo isso permite o acesso de uma fatia cada vez maior da população aos confortos proporcionados pelas novas tecnologias. A esse cenário são somados: a elevada taxa de urbanização, o setor de serviços em expansão (calcula-se que 42% da energia elétrica produzida no país é consumida na operação e manutenção das edificações) e na promoção de conforto aos seus usuários.

O expressivo potencial de conservação deste setor, avaliado em 30% para edificações já existentes, através de *retrofit* (reforma) podendo chegar a

50% nas edificações novas que utilizem tecnologia energeticamente eficiente desde a concepção inicial do projeto, balizou a reavaliação dos principais focos de atuação. O resultado foi a criação de um núcleo especialmente voltado à Eficiência Energética das Edificações (EEE).

Por sua abrangência, a área de edificações está presente em todos os setores da atividade econômica do país, levando à necessidade de uma articulação entre diversas entidades das áreas: governamental, tecnológica, econômica e de construção civil; para, através de um enfoque multisetorial, promover as condições para o uso eficiente da energia elétrica, reduzindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente.

O Plano de Ações do Procel EDIFICA (2003) contou com a contribuição de diversos agentes ligados à construção civil e universidades, reunidos em *workshop* e marcou, desde sua criação, a forma participativa de atuação do programa e identificou as principais vertentes de atuação: atividades, educação, subsídio à regulamentação da Lei de Eficiência Energética e Tecnologia.

Já se encontram em desenvolvimento projetos relativos às demais vertentes, bem como em novos segmentos nos quais já foram identificadas possibilidades de investimento. Nessa categoria, enquadram-se convênios com universidades e o protocolo de intenções assinado com a Caixa Econômica Federal. No âmbito deste Protocolo de Intenções a ELETROBRÁS/CAIXA estão colaborando para a elaboração da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética, outras ações têm sido efetivadas, como desenvolvimento do projeto de revisão de kits para habitações de interesse social e o programa de capacitação em (EEE) Eficiência Energética das Edificações para seu corpo técnico.

Grande parte das construções atuais, por não levarem em consideração os recursos naturais disponíveis, é construída em concreto, sem proteção contra insolação, sem inércia térmica (uso de materiais leves), desprezando importantes recursos naturais como terra e vegetação, entre tantos outros. Esta prática nem sempre proporciona um mínimo de conforto para os usuários, além de acarretar um consumo de energia maior do que o necessário.

Segundo Lamberts (2009), pesquisador e professor do laboratório de eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

O setor industrial foi o que inicialmente se propôs a aderir ao conceito, por um motivo simples – economizar energia. Atualmente todos os setores, inclusive o consumidor comum vem aderindo à eficiência energética na construção civil.

Lamberts (2009) lembra, ainda que

o setor de construção evoluiu muito com relação à eficiência energética. Atualmente, existem meios de avaliar esta evolução, explica o pesquisador. O interessante para o consumidor que pretende adquirir um imóvel com estas características é a viabilidade econômica. Para muitas pessoas, uma casa construída

utilizando a eficiência energética é um sinônimo de mais dinheiro, o que não é verdade. O custo não chega a 5% a mais que o de uma casa convencional. Muitas vezes, em alguns casos, fica até mais barato.

De acordo com a teoria de Goldemberg (1998) e Dias (1999)

Conservar energia é manter ou melhorar o padrão de serviços e qualidade de vida, com menor custo no consumo de energéticos. Com a redução ou eliminação dos desperdícios, a partir de mudanças comportamentais (educação), aprimoramentos administrativos, ações corretivas e introdução de novas tecnologias, é possível conquistar diferenciais competitivos.

Ou seja, a “eficientização” energética pode ser também interpretada como a maneira mais eficaz de usar a energia elétrica sem comprometer o conforto do ambiente de trabalho.

Através de todos esses conhecimentos e conceitos da finalidade que tem em conservação energética, sabe-se que um gerenciamento energético de qualquer instalação requer a adoção de estratégias adequadas, as quais devem ter suas estruturas baseadas nos sistemas energéticos existentes, nos hábitos de uso da edificação e dos sistemas e na opinião dos usuários e técnicos da edificação sobre a qualidade dos sistemas instalados.

Percebendo que os recursos naturais e financeiros ficam cada vez mais escassos e o projeto de engenharia tem custos bastante elevados é necessidade incontestável que o planejamento e a elaboração de projetos adotem alternativas de redução de custos, porém sem comprometer os aspectos técnicos, sociais e ambientais (GOMES, 2005).

## **1. Mineração de dados**

Os principais componentes da estratégia do grupo é continuar a reduzir custos operacionais e aumentar a eficiência energética das operações, por meios de investimentos em tecnologias, incluindo processos agrícolas, industriais, comerciais, logísticos e de tecnologias da informação.

Segundo Han e Kamber (2006), para dar subsídio a esta redução de custos e aumento de eficiência energética propõe-se a utilização de técnicas de mineração de dados e a “extração ou mineração de conhecimento de grande quantidade de dados”. Ferramentas de análise de dados podem ajudar nos processos decisórios das organizações por meio de mineração de dados e descobertas de padrões interessantes, novos e úteis para toda e qualquer organização.

Segundo Goldschmidt e Passos, (2005), a mineração de dados faz parte de um processo denominado, KDD (*Knowledge Discovery in Databases*), ou seja, “Descoberta de Conhecimento em Base de Dados”. Com todos estes processos podemos dividir em três passos operacionais: Pré-Processamento, Mineração de Dados e Pós-Processamento.

O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de preparação de dados a partir dos dados desenvolvidos e levantados na Eficiência Energética na

Construção Civil no Brasil. Para atingir esse objetivo, estruturas de aprendizado automático e análises estatísticas baseadas nos estudos realizados na Europa em 2002 seriam utilizadas. Será necessário estudar o efeito de **oitos variáveis** de entrada e **duas variáveis** de saída, em relação à compacidade, são elas:

Variáveis de Entrada	Variáveis de Saída	
Capacidade:	HL:	CL:
Área de superfície	Carga de Aquecimento	Carga de Refrigeração
Área de superfície		
Área de parede		
Área de telhado		
Altura total		
Orientação		
Área envidraçada		
Área envidraçada distribuição		

Segundo Tsanas e Xifara (2012), foi analisada sistematicamente a força de associação de cada variável de entrada com cada uma das variáveis de saída e foram usadas várias ferramentas de análise estática clássica, e não paramétricos de modo a identificar as variáveis de entrada mais fortemente relacionadas. Entretanto, a ferramenta que será usada neste estudo será a ferramenta WEKA 3.6.9 para tomada de decisão.

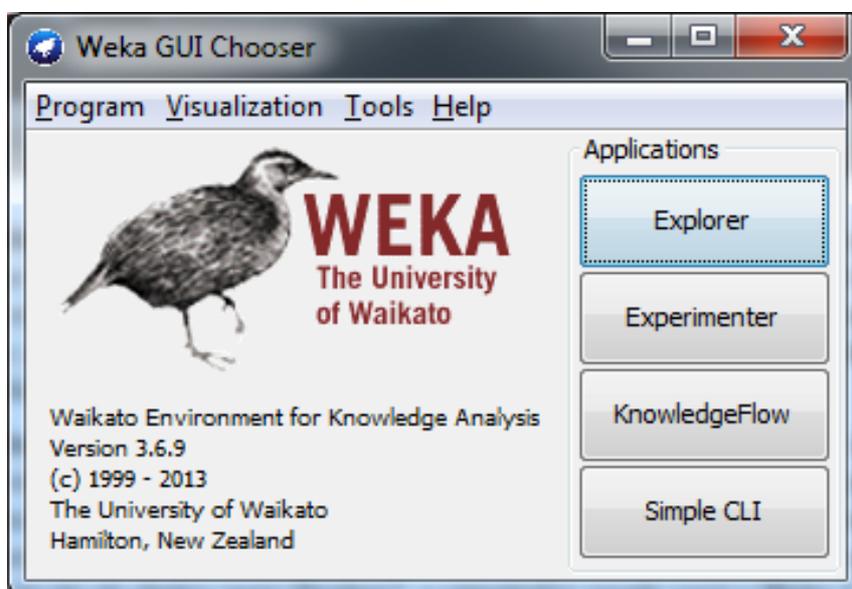


Figura 9: Ferramenta WEKA 3.6.9

É crescente a preocupação do Governo Federal em reduzir o desperdício de energia e seu impacto adverso perante este ambiente de Construção Civil no Brasil, que deve obedecer ao mínimo e se adequar aos requisitos em matéria de Eficiência Energética na construção de edifícios em obras brasileiras.

Nas últimas décadas, houve um aumento, em todo o mundo, de consumo de algumas matérias responsáveis pelo papel catalisador na regulação do clima interior de um edifício. Esse aumento fez com que o fornecimento de energia adicional tivesse mais eficiência energética nos projetos de construção com a melhor propriedade de conservação de energia.

## 2. Estudo de caso

Neste trabalho, serão utilizados os mesmos dados de mineração de dados que foi usado na estimativa e quantitativa precisa do desempenho energético dos edifícios residenciais no qual foi utilizado ferramenta de aprendizado automático, pelos pesquisadores Tsanas e Xifara, (2012).

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y1	Y2
1										
2	0,98	514,50	294,00	110,25	7,00	2	0,00	0	15,55	21,33
3	0,98	514,50	294,00	110,25	7,00	3	0,00	0	15,55	21,33
4	0,98	514,50	294,00	110,25	7,00	4	0,00	0	15,55	21,33
5	0,98	514,50	294,00	110,25	7,00	5	0,00	0	15,55	21,33
6	0,90	563,50	318,50	122,50	7,00	2	0,00	0	20,84	28,28
7	0,90	563,50	318,50	122,50	7,00	3	0,00	0	21,46	25,38
8	0,90	563,50	318,50	122,50	7,00	4	0,00	0	20,71	25,16
9	0,90	563,50	318,50	122,50	7,00	5	0,00	0	19,68	29,60
10	0,86	588,00	294,00	147,00	7,00	2	0,00	0	19,50	27,30
11	0,86	588,00	294,00	147,00	7,00	3	0,00	0	19,95	21,97
12	0,86	588,00	294,00	147,00	7,00	4	0,00	0	19,34	23,49
13	0,86	588,00	294,00	147,00	7,00	5	0,00	0	18,31	27,87
14	0,82	612,50	318,50	147,00	7,00	2	0,00	0	17,05	23,77
15	0,82	612,50	318,50	147,00	7,00	3	0,00	0	17,41	21,46
16	0,82	612,50	318,50	147,00	7,00	4	0,00	0	16,95	21,16
17	0,82	612,50	318,50	147,00	7,00	5	0,00	0	15,98	24,93
18	0,79	637,00	343,00	147,00	7,00	2	0,00	0	28,52	37,73
19	0,79	637,00	343,00	147,00	7,00	3	0,00	0	29,90	31,27
20	0,79	637,00	343,00	147,00	7,00	4	0,00	0	29,63	30,93
21	0,79	637,00	343,00	147,00	7,00	5	0,00	0	28,75	39,44
22	0,76	661,50	416,50	122,50	7,00	2	0,00	0	24,77	29,79
23	0,76	661,50	416,50	122,50	7,00	3	0,00	0	23,93	29,68

Figura 10: imagem ilustrativa dos dados relacionados para estudos dos edifícios.

Representação Matemática	Variável de Entrada e Saída	Número de valores possíveis	Números de Edifícios
X1	Capacidade Relativa	12	768
X2	Superfície	12	
X3	Área de parede	7	
X4	Área de telhado	4	
X5	Altura total	2	
X6	Orientação	4	
X7	Vidros área	4	
X8	Vidros distribuição de área	6	
Y1	Carga de aquecimento	586	
Y2	Carga de refrigeração	636	

Tabela1: detalhe das variáveis de entrada e saída.

### 3. Metodologia e resultados

O conceito desta seção trabalha com estatísticas, baseadas em dados e técnicas, que são utilizadas para a aprendizagem e análises dos dados objetivando encontrar a melhor solução possível.

Foram coletados 768 entidades nas quais foram analisados 10 atributos: oito variáveis de entradas e duas variáveis de saídas na *API WEKA*. Utilizando a técnica de mineração árvore de decisão conhecida no aplicativo *WEKA* como (J48), houve um resultado de saída não satisfatório, devido à quantidade de instâncias incorretas, como ilustra a figura a seguir.

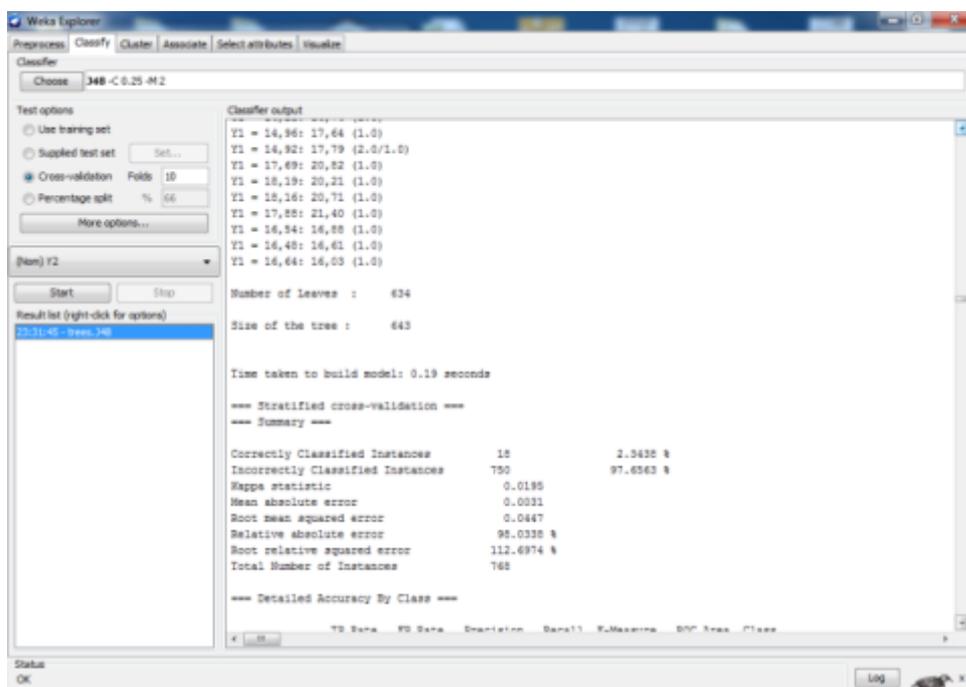


Figura 11: resultado da mineração utilizando o algoritmo J48.

Algoritmo	Teste Opção	Instâncias	%Corretas
J48	Cross-validation	18	2.3438

Tabela 2: testes de entrada e saída usando algoritmo J48.

Algoritmo	Teste Opção	Instâncias	%Incorretas
J48	Cross-validation	750	97.6563

Tabela 3: testes de entrada e saída usando algoritmo J48.

Após a rede treinada com *use training set*, houve um resultado satisfatório minimizando as instâncias incorretas, utilizado o algoritmo (J48). A seguir, imagem ilustrativa:

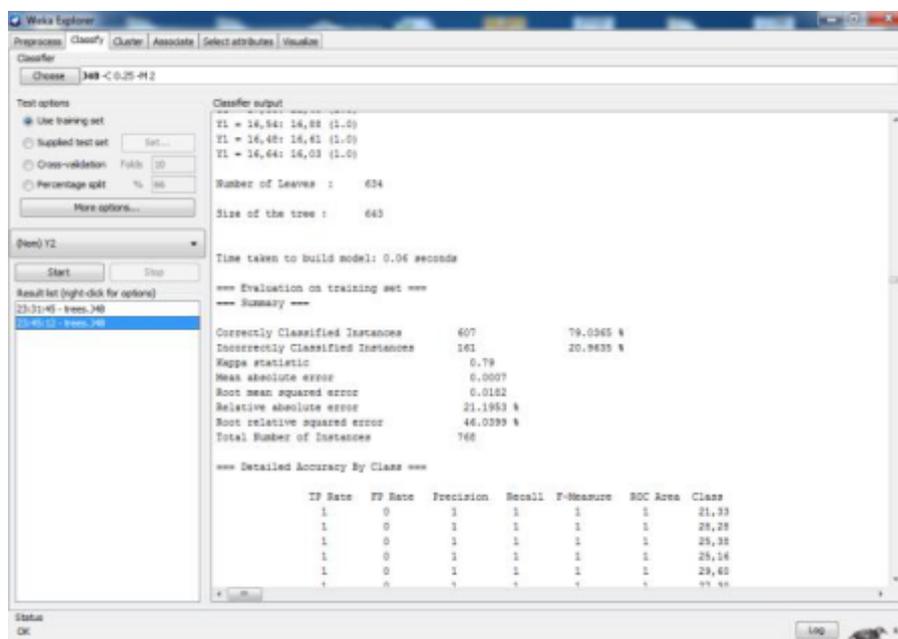


Figura 12: resultado da mineração utilizando uma rede treinada com o algoritmo J48.

Algoritmo	Teste Opção	Instâncias	%Corretas
J48	Use training set	607	79.0365

Tabela 4: testes de entrada e saída usando algoritmo J48.

Algoritmo	Teste Opção	Instâncias	%Incorretas
J48	Use training set	161	20.9635

Tabela 5: testes de entrada e saída usando algoritmo J48.

## Conclusão

As soluções construtivas e os materiais utilizados na indústria da construção civil são responsáveis diretos pelo consumo de energia das edificações. Desta forma, a utilização correta dos recursos naturais possibilita a minimização dos gastos energéticos com sistemas de climatização, conforme mostrado neste artigo. É de interesse para a indústria da construção a discussão do uso de alternativas que utilizem recursos naturais desde a concepção dos projetos até a construção.

A adoção de programas de eficiência em edificações pode enquadrar as obras dentro de padrões ambientalmente favoráveis agregando valores aos produtos oferecidos para a sociedade, dentre as quais foram analisados diversos algoritmos como J48, (ZeroR) e (DecisionTable).

O algoritmo que mais se destacou foi o J48, que é um algoritmo baseado em árvore de decisão. Sobre os testes realizados com o algoritmo (ZeroR) que é um algoritmo de classificação e (DecisionTable) podemos afirmar que ele trabalha com Decisão de Tabelas, não apresentou uma quantidade satisfatória de instâncias corretas para validação desta mineração.

Após uma análise de dados, chegamos à conclusão de que quanto maior é a área de superfície, maior a quantidade de vidros de distribuição. Balanceado as cargas de aquecimento (Y1) e as cargas de refrigeração (Y2), maximiza-se a eficiência energética e minimizam-se os gastos excessivos, tornando o ambiente em um ambiente ecologicamente correto.

## Referências

**TSANAS, Athasasios; XIFARA, Angeliki. Accurate quantitative estimation of energy performance of residential buildings using statistical machine learning tools, Energy and Buildings. v. 49, pp. 560-567, 2012. Disponível em: <<http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html>>. Acesso em: 27 mai. 2013.**

CBCS Notícias abril 2013. Disponível em:

<[http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/cbcsnoticias\\_7ed.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/cbcsnoticias_7ed.pdf)>. Acesso em: 01 jun.2013.

Eficiência Máxima Consultoria Ltda. Disponível em:

<<http://www.eficienciamaxima.com.br/o-que-e-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 30 mai. 2013.

FERRAMENTA. **Tecnologia e Cultura Livre**. Disponível em:

<[http://forumsoftwarelivre.com.br/2011/arquivos/palestras/DataMining\\_Weka.pdf](http://forumsoftwarelivre.com.br/2011/arquivos/palestras/DataMining_Weka.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2013.

LUIZ, Carlos Lange, **MINERAÇÃO DE DADOS EM SISTEMA EFICIENTE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INCLUINDO PARÂMETROS**

**SÓCIOCOMPORTAMENTAIS**. Disponível em:

<[http://tede.pucrs.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=976](http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=976)>. Acesso em: 27 mai. 2013.

NOTÍCIA. **Instituto do PVC**. Disponível em:

<<http://www.institutodopvc.org/pvcatualidades/noticia.php?edicao=37&mat=80&lang=pt>>. Acesso em: 03 jun. 2013.

**WEKA 3 - Data Mining with Open Source Machine Learning Software in**

**Java**, 2007. Disponível em: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>>. Acesso em: 30 mai. 2013.