

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SIG PARA OBTENÇÃO DE INDICADORES ENERGÉTICOS EM EDIFÍCIOS.

Júlia S. de Moraes (1); Ednildo A. Torres (2); Asher Kiperstok (3)

- (1) Laboratório de Energia e Gás - Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Brasil – e-mail: julia_arq@yahoo.com.br.
(2) Laboratório de Energia e Gás - Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Brasil – e-mail: ednildo@ufba.br.
(3) Rede de Tecnologias Limpas – Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia, Brasil – e-mail: asher@ufba.br.

RESUMO

A eficiência energética enquanto processo dinâmico necessita de um conjunto de indicadores específicos que melhor expressem cada estágio do uso da energia e metas da edificação. Já o estabelecimento de indicadores é algo complexo, pois a medição ou valoração do desempenho energético está estreitamente relacionada à edificação e ao usuário, passando por questões comportamentais e de conforto no ambiente construído. Demanda ferramentas gráficas e de tratamento estatístico para se tornar perceptível os fenômenos não detectáveis no imediato. O Sistema de Informações Geográficas – SIG é uma ferramenta utilizada para sistemas que necessitam tratamento computacional de banco de dados geográficos para análise e gerenciamento espacial. O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de indicadores energéticos em edifícios expressos em diversas unidades de energia como consumo e demanda (kWh e kW), desagregados por uso final (iluminação, climatização, equipamentos) e pelos tipos de uso dos ambientes, utilizando o SIG para obtenção, espacialização e análise dos indicadores. Como resultado, tem-se a aplicação e validação do uso da ferramenta SIG no processo de efficientização energética, como um importante instrumento para criação de cenários, e a geração de indicadores locais que permitem avaliação do ambiente, planejamento do edifício e comparação com outros tipos, tendo em vista o estabelecimento das melhores práticas.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas; Indicadores Energéticos; Eficiência Energética.

ABSTRACT

Energy efficiency, while a dynamic process, requires a set of specific indicators which express each stage of use of energy and the intended use of the building. The establishment of indicators is complex as the measuring or assessing of energy performance is strictly related to the building and the user involving issues of behavior and comfort in the constructed space. It requires graphic tools and statistical treatment to reveal phenomena which are not immediately apparent. GIS (Geographical Information Systems) is a tool used for systems which require computation of geographical databases for analysis and spatial management. The objective of this work is to develop energy indicators in buildings expressed in varying units of consumption and demand (kWh and kW), broken down according to use (lighting, heating/cooling, equipment) and according to the use of areas, using GIS to obtain, distribute and analyses the indicators. Validation and application of the use of GIS in the process of energy efficiency is shown to be a useful instrument to simulate scenarios and generate localized indicators which allow for environments to be assessed, buildings planned and other comparisons to improve practices.

Keywords: Geographic Information System, energy indicators, energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A questão energética no ambiente construído é uma preocupação mundial e demanda proposições. Partindo do pressuposto de que as ações ambientais nos diversos campos buscam a eficiência dos sistemas considerando o uso de indicadores de desempenho, constata-se que, no Brasil, não existem tais ferramentas normalizadas para o uso da energia no ambiente construído, sendo necessário recorrer a padrões americanos e europeus.

Com o objetivo de atender a essa demanda, existem trabalhos em desenvolvimento buscando estabelecer índices compatíveis à realidade nacional e que levem à aferição do desempenho energético em edificações, com vistas à certificação (LABORATÓRIO..., 2007).

1.1 O Indicador e a eficiência energética

O indicador é “*expressão (numérica, simbólica ou verbal) empregada para caracterizar as atividades (eventos, objetos, pessoas), em termos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de determinar o valor*” (ISO, 1998). Tem como objetivo expressar a relação entre variáveis e tornar perceptível fenômenos não detectáveis no imediato, utilizando instrumentos de análise como gráficos, mapas e tratamentos estatísticos, ou seja, permite identificar e antecipar acontecimentos, além de auxiliar na sua solução (AGRA FILHO e outros, 2005).

Aplicando esse conceito à questão ambiental, os indicadores são uma importante ferramenta de medida, e permitem expressar os resultados relativos ao desempenho ambiental e acompanhar a evolução da empresa na implementação de ações que levem efetivamente a melhorias no caminho da sustentabilidade (CARDOSO, 2004).

A obtenção de indicadores energéticos é algo complexo por envolver questões comportamentais e de conforto no ambiente construído. No processo de construção pressupõe a utilização de ferramentas computacionais que permitam agrupar dados, gerar e especializar informações.

1.2 O SIG

O Sistemas de Informações Geográficas - SIG, na terminologia internacional *Geographic Information System* – GIS, é uma ferramenta utilizada para sistemas que necessitam tratamento computacional de banco de dados geográficos para análise e gerenciamento espacial.

É a principal ferramenta do Geoprocessamento, disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Vem sendo utilizado de forma crescente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional (CAMARA e DAVIS, 1995).

Câmara (1995) reuniu na literatura algumas definições para a ferramenta SIG:

“*Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar ou manipular dados georeferenciados*” (ARONOFF, 1989 *apud* CÂMARA, 1995).

“*Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente um ambiente de resposta a problemas*” (COLWEN, 1988 *apud* CÂMARA, 1995).

Segundo Câmara (1995), “*o aspecto fundamental em um dado tratado em um SIG é a natureza dual de informações: um dado geográfico possui uma localização geográfica (expressas como coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que pode ser representados em um banco de dados convencional)*”. Essa característica permite análises espaciais, pois associa local e informação.

Como pontos positivos da sua aplicação, podem ser listados:

- Armazenamento de informações georeferenciadas;
- Possibilita a aplicação de filtros, facilitando a identificação e classificação de dados.

- Permite operações de cálculo entre as variáveis e espacialização dos resultados;
- Identifica pontos críticos;
- Criação de infinitos cenários de análise;
- Os dados armazenados formam arquivos com extensão *dbf*, que podem ser utilizados em programas de planilhas eletrônicas.
- Como produtos, podem ser obtidos mapas, gráficos e tabelas, possuindo o recurso tridimensional e a criação de cenários foto-realísticos.

Com referências, existem casos de uso do SIG aplicados a Eficiência Energética, relacionando Energia e Planejamento Urbano Regional. Já considerando os parâmetros edificação e energia, em micro escalas espaciais, pode-se dizer que não existem casos na literatura, tornando-se um desafio o emprego dessa ferramenta.

2 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de indicadores energéticos no ambiente construído, utilizando o SIG como ferramenta de obtenção, espacialização e análise dos mesmos.

Como objetivo específico, tem-se a validação da ferramenta SIG em casos de eficiência energética de edifícios.

3 METODOLOGIA

A metodologia consiste em procedimentos quantitativos e qualitativos baseados na literatura de eficiência energética

3.1 Levantamento físico, energético e ambiental.

Consiste em conhecer o objeto de estudo, como o levantamento de macrodados da edificação e caracterização energética.

3.1.1 Macrodados

Consiste no levantamento de informações sobre a edificação como cadastro do espaço físico, fontes de energia, demandas, tipo de consumidor da concessionária local, histórico das contas e outras informações pertinentes ao tema.

3.1.2 Levantamento energético

O levantamento energético é realizado pelo método de auditoria energética. Contempla o cadastro das potências instaladas nos ambientes e a consulta ao usuário para informar o período de uso dos equipamentos por ambiente da edificação.

As demandas foram desagregadas quanto ao uso final da energia: iluminação, ar condicionado, equipamentos de informática, outros equipamentos.

As potências nominais são obtidas pelo método de consulta na “placa” existente nos aparelhos, que fornece informações quanto à potência, corrente e tensão.

Na falta da “placa”, optou-se por cadastrar o aparelho quanto à marca, modelo e série para realização de consulta em *websites* disponibilizados pelos fabricantes ou utilizando o equipamento alicate amperímetro para medição da corrente do aparelho em funcionamento.

3.2 Indicadores da edificação

Os indicadores definidos neste estudo são expressos em várias unidades de energia como consumo e

demanda de energia estimada (kWh e kW); consumo e demanda de energia estimada por unidade de área (kWh/m² e kW/m²); consumo e demanda de energia estimada por pessoa (kWh/pessoa e kW/pessoa).

3.2.1 Procedimentos de cálculo

O cálculo dos indicadores energéticos da edificação é realizado em planilhas eletrônicas utilizando os dados levantados como potências dos equipamentos, área dos ambientes, número de pessoas em atividade no recinto e rotinas dos equipamentos, ambientes e usuários.

Os ambientes são desagregados pelo tipo, considerando as características da edificação, e pelo uso final da energia (iluminação, climatização, equipamento de informática, outros equipamentos) resultando em indicadores desagregados por uso final.



Figura 1: Esquema _ Indicadores dos ambientes desagregados por uso final

Fonte: Moraes (2007).

3.3 Construção do banco de dados da edificação

3.3.1 O software em formato SIG

No mercado, existem diversos softwares do tipo SIG disponíveis. No trabalho, optou-se por utilizar o *software* da ESRI, o *Arcview – ArcMap*, da suíte de aplicativos da *ArcGIS*, versão 9. O principal critério da escolha foi a disponibilidade de acesso ao programa. A Escola Politécnica da UFBA possui 10 licenças, sendo cedidas pela direção da Escola para o desenvolvimento dos estudos aqui apresentados, além de ser uma *software* atual, com boa aceitação entre os profissionais da área.

3.3.2 Banco de dados da edificação

Para a construção do banco de dados, os principais dados de entrada são:

- Planta da edificação em meio digital em formato tipo Cad, extensão em *dxf* ou *dwg* dos níveis ou andares da edificação;
- Dados energéticos coletados na edificação por ambiente;

As plantas em formato digital com extensão *dwg* são transformadas em arquivos tipo *shape file* pelo

programa. O programador define os ambientes da edificação por polígonos fechados e os alimenta com os dados cadastrados.

As expressões matemáticas necessárias para obtenção dos indicadores podem ser realizadas no *Arcview* ou em planilhas eletrônicas utilizando o *excel* para posteriormente serem inseridas como dados tratados.

A Figura 2 demonstra a formação do banco de dados georeferenciado, com informações energéticas específicas do ambiente.

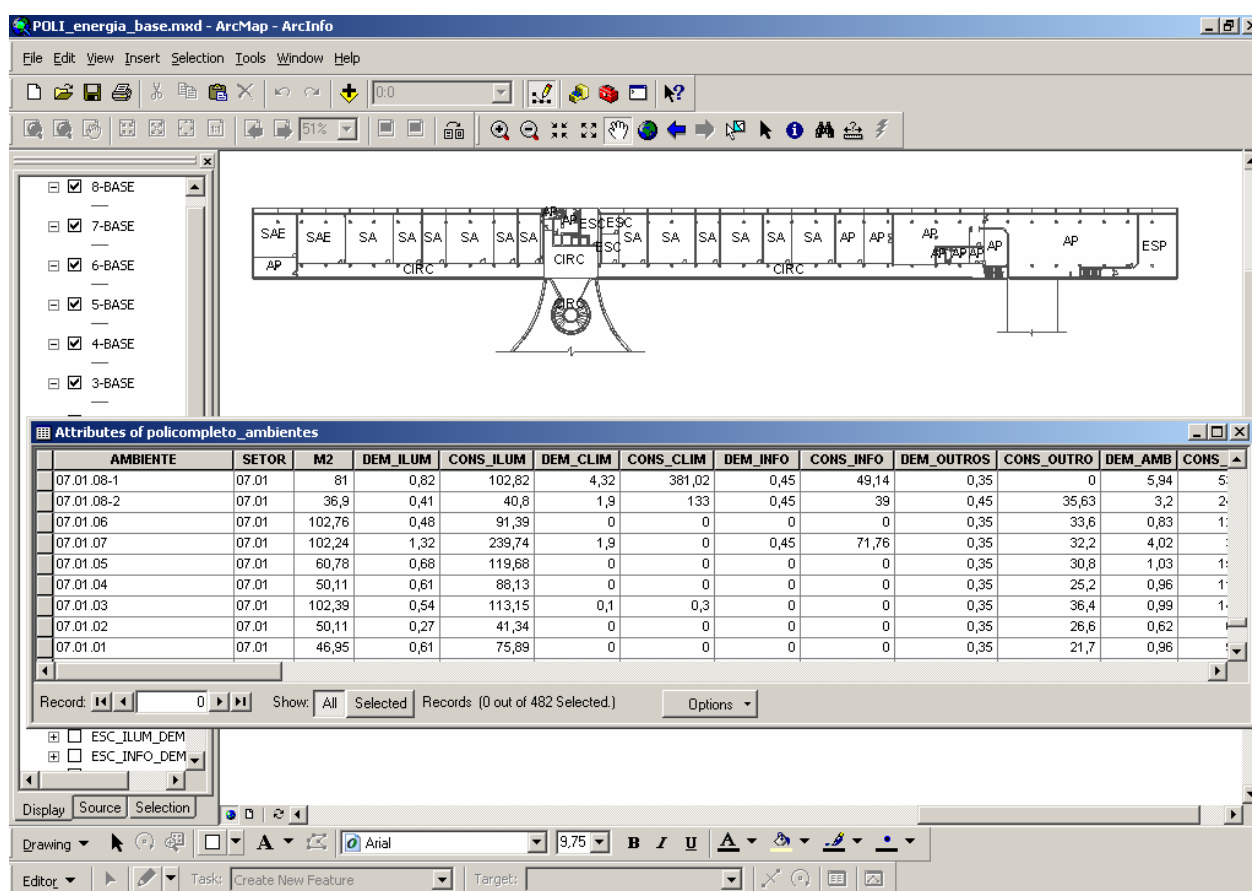


Figura 2: Construção do banco de dados no *Arcview*.

3.4 Espacialização dos indicadores - plantas temáticas

3.4.1 As plantas temáticas

Como mencionado, o aplicativo *Arcview* permite a criação de cenários de análise. No estudo de eficiência energética, o método de apresentação definido foi à espacialização dos indicadores através de plantas temáticas.

Elas seguem o mesmo princípio dos indicadores. São desagregadas pelo tipo de ambiente da edificação e o uso final. Para melhor visualização, os indicadores de demanda são apresentados com as

suas variações – demanda por m^2 (kW/ m^2) e por pessoa ($kW/ pessoa$). Os mesmos para os consumos: consumo por m^2 (kWh/ m^2) e por pessoa ($kWh/ pessoa$).

A sobreposição é feita a partir de elementos visuais, símbolos e cores. Os indicadores foram divididos em 3 faixas, sendo atribuídos cores (vermelho, amarelo e verde) para os intervalos dos indicadores de demanda e consumo, símbolos em formato quadrado para os indicadores por m^2 e símbolos em círculo para os indicadores por pessoa.

Como exemplo de planta temática, a Figura 3 demonstra a sobreposição dos indicadores e a simbologia definida.

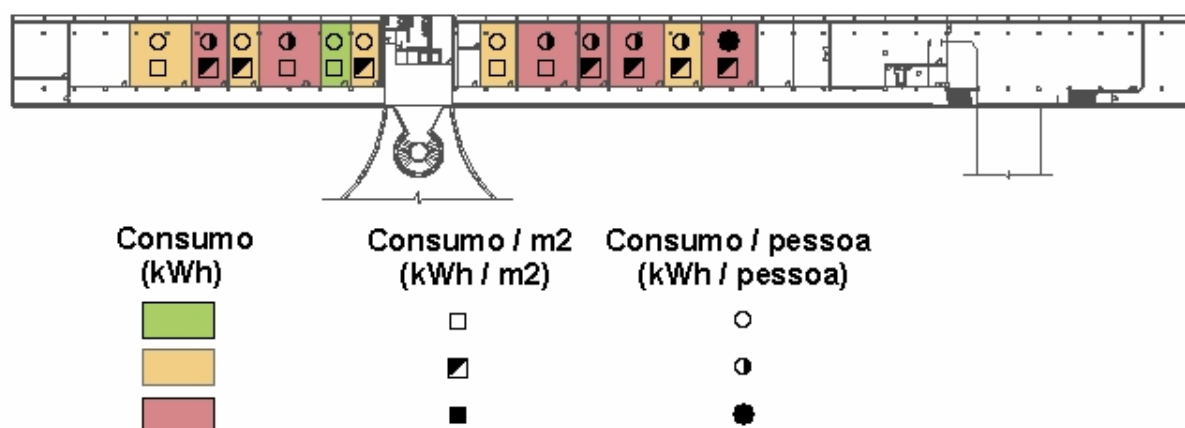


Figura 3: Símbolos utilizados nas plantas temáticas

Fonte: Moraes (2007).

3.4.2 Tratamento estatístico

A opção de três faixas é uma simplificação estatística que permite a aplicação em grupos de ambientes com tamanhos diferentes.

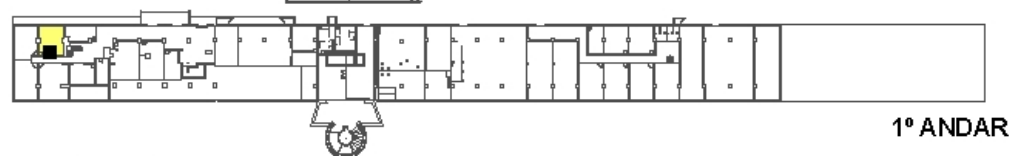
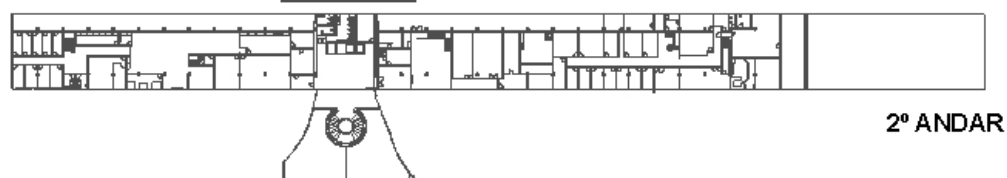
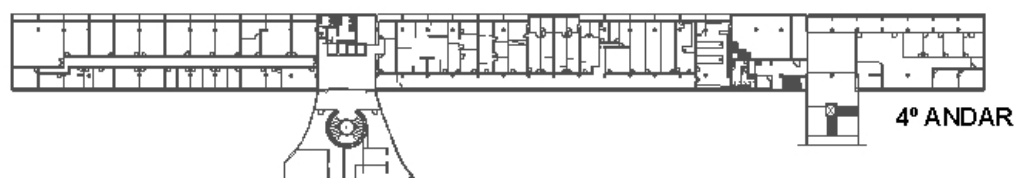
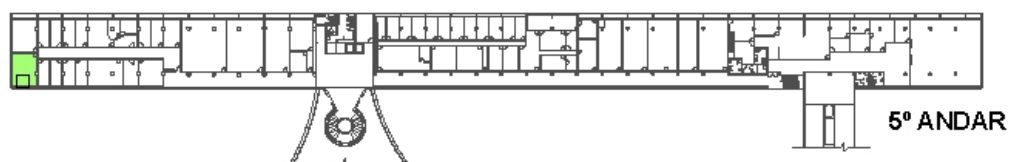
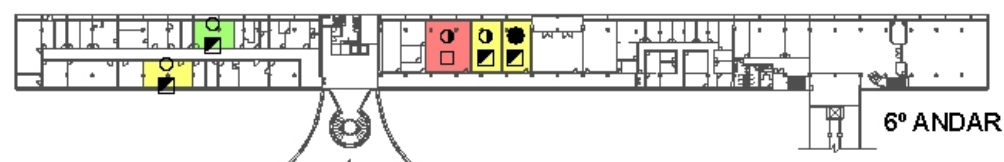
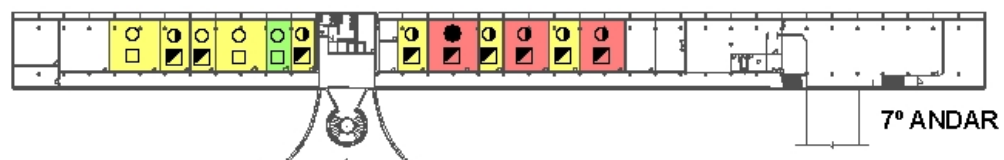
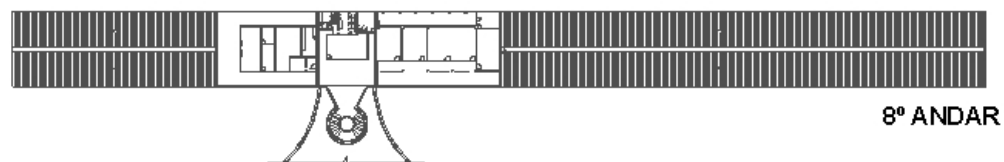
O intervalo das faixas é definido pela opção de comando *Natural breaks* do *Arcview*. O método de “quebras naturais” permite o agrupamento de dados com características semelhantes.

A classificação consiste na organização dos valores em ordem crescente, que são agrupados estatisticamente pela composição de pares com característica adjacentes. As quebras ocorrem quando há uma diferença entre os grupos.

Posteriormente a geração das plantas, calcula-se os percentuais de cada faixa para obtenção da maior ocorrência por tema. Como dado complementar, obtém-se os valores de máximo, mínimo, média e o desvio padrão.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A metodologia já foi validada em casos de efficientização energética em edifícios. Como exemplo, a Figura 4 apresenta as plantas temáticas de demanda e consumo de iluminação das salas de aula desenvolvida por Moraes (2007) no caso da Escola Politécnica.



Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)
 0,14 - 0,41	 0,005 - 0,009	 0,012 - 0,017
 0,42 - 0,72	 0,010 - 0,014	 0,018 - 0,025
 0,73 - 1,03	 0,015 - 0,019	 0,026 - 0,035

ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS DE AULA
ILUMINAÇÃO

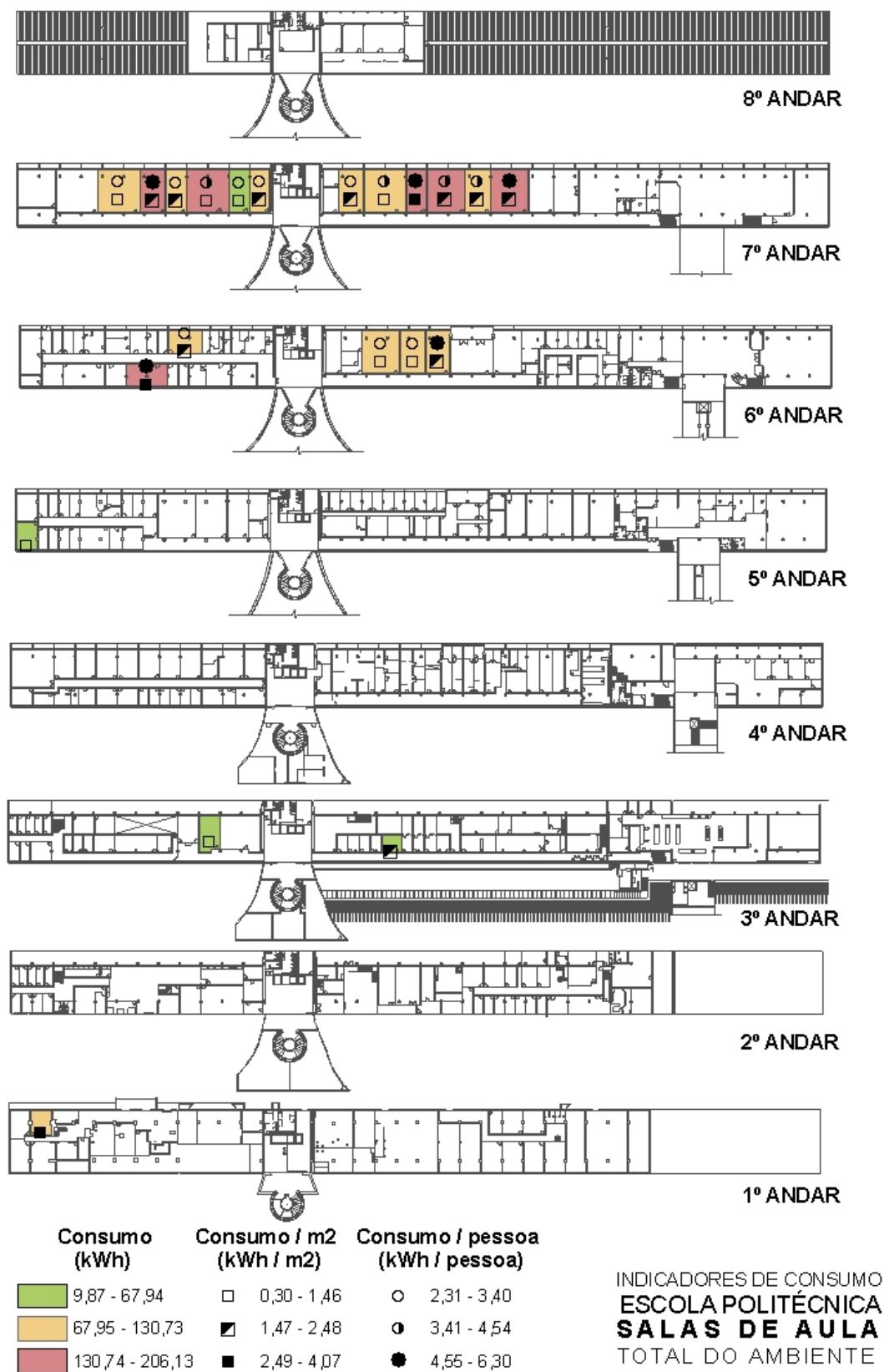


Figura 4: Plantas Temáticas – Caso Escola Politécnica: Iluminação das Salas de aula.

Fonte: Moraes (2007).

O uso da ferramenta SIG pode ser considerado uma excelente opção para a gestão de edifícios, pois agrega as seguintes vantagens:

No banco de dados georeferenciados, os dados armazenados são organizados por ambiente, permitindo acesso imediato à informação, independente do porte da edificação.

O formato *shape file* do banco de dados o torna infinito. Desta forma, pode-se construir a história energética da edificação desagregada por ambiente, considerando modificações físicas, de uso e ocupação.

Já espacialização dos indicadores possibilita a comparação entre ambientes com o mesmo uso e de uso distinto. À medida que ações forem sendo implantadas, a visualização dos resultados motiva as partes interessadas, além de contribuir para o estabelecimento das melhores práticas através da estratégia de *benchmarking* ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como limitação do programa, o estudo realizado constatou apenas uma. Após gerar as plantas temáticas, caso o programador altere algum dado do ambiente, como por exemplo, rotina de uso em iluminação, o programa não atualiza automaticamente o novo indicador gerado na planta temática, bem como não calcula automaticamente valores que estão diretamente relacionados nas colunas da planilha de dados, sendo necessário à utilização de comandos de atualização manual.

Não obstante, segundo pesquisas, o programa permite a criação de uma programação especial que pode rodar dentro do *Arcview* efetuando alterações automáticas, tornando-se o novo desafio da pesquisa.

O fator motivador da construção da metodologia é poder aplicá-la em outras edificações e contribuir para o melhor uso da energia. Dessa maneira, espera-se que a obtenção dos indicadores energéticos em outros casos permita o surgimento de índices normalizados, considerando usos, ambientes, locais e climas específicos.

6 REFERÊNCIAS

AGRA FILHO, Severino Soares et al. Análise e proposição de um modelo de indicadores de sustentabilidade ambiental. **Bahia Análise & Dados**, Salvador: SEI. v. 14, n. 4, p. 733-44, março. 2005.

CÂMARA G. e DAVIS C. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. Fundamentos de Geoprocessamento**. Apostila do Mestrado em Engenharia Ambiental (UFBA). Salvador, 2006.

CÂMARA, G. Modelos, **Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos, 1995. Tese de Doutorado (Computação Aplicada) - INPE,. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>. Acesso em 2006.

CARDOSO, Lúcia Maria França. **Indicadores de Produção Limpa: Uma Proposta para Análise de Relatórios Ambientais para Empresas**. Salvador: 2004. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL. **Manual – Ecoprofit - Indicadores**. Rio Grande do Sul, 1999. Disponível em: <www.teclim.ufba.br/jsfurtado>. Acesso em: 2006.

INTERNATIONAL FOR ORGANIZATION STANDARDIZATION. ISO 11620:1998(F); **Information et Documentation - Indicateurs de performance des bibliothèques**. Genebra: ISO, 1998.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. Site da instituição. Disponibiliza informações sobre a “Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”. Disponível em: <www.labee.ufsc.br>. Visitado em: Março de 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LONGLEY, P., et al., **Geographic Information Systems - Systems and Science**. England, John Wiley and Sons, Ltd., 2001.

MASCARÓ, Juan Luis e MASCARÓ, Lúcia. **Incidências das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzatto, 1992. Obra patrocinada pelo Ministério da Indústria e Comércio. Comissão Estadual da Indústria da Construção; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MORAES, J. S. **Indicadores Energéticos de Edifícios Públicos: Estudo de Caso da Escola Politécnica – UFBA**. Salvador: 2007. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – ênfase em Produção Limpa) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

MORAES, J. S., TORRES, E., KIPERSTOK, A. Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios Públicos: Estudo de Caso da Escola Politécnica (UFBA) In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 2007, Ouro Preto (MG). ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO. ANTAC, 2007. v.1.

ROMÉRO, M. A. *Arquitetura, Comportamento e Energia*. 1997. Livre-docência - Faculdade de Arquitetura – Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. *Método de Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Campi Universitários: O Caso da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira*. 1994. Tese (Doutorado). – Faculdade de Arquitetura – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROZADOS, Helen. Uso de Indicadores na Gestão de Recursos de Informação. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 60-76, jul./dez. 2005.

SILVA, A. de B., **Sistemas de Informações Georeferenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas: Ed. Unicamp, 1999.

7 AGRDECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a todas as pessoas envolvidas, ao Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias ambientais no Processo Produtivo com ênfase em Produção Limpa – MEPLIM-UFBA e ao Laboratório de Energia e Gás – LEN- UFBA, por viabilizarem o desenvolvimento dos estudos, tendo como resultado uma dissertação de mestrado. E a direção da Escola Politécnica da UFBA, por ceder as licenças para uso do programa *Arqivew* e por proporcionar cursos de aprendizado da ferramenta.