SUSTENTABILIDADE NA ESCOLA – UMA PROPOSTA PARA UMA EMEI de São Paulo, SP[1]

SHAHINI, C. Planejamento e Gestão Ambiental, e-mail: cristina@shahiniarquitetura.arq.br; HERNANDEZ NETO, A., POLI-USP, e-mail: ahneto@usp.br; BUORO, A.B., Escola da Cidade, e-mail: labcon.ec@gmail.com; FALCÃO F., Fernanda Falcão, Iluminação, e-mail: fernanda@fernandafalcao.com.br

ABSTRACT

"Sustainability at school – a proposal for an EMEI-SP" is an experimental project that has been developed since 2013, aiming to implement integrated environmental practices focused on improving the school environment conditions and education for sustainability in a multi and interdisciplinary way. The project consisted of an evaluation of the building regarding thermal, acoustic and luminous comfort, and environmental awareness through lectures and workshops held with teachers, employees and school community. Various techniques and methodologies were used in addition to the use of art therapy and landscaping, among others, as a form of sensitization. Based on the building diagnosis, actions were proposed in the management of water, energy, waste and materials that involved both physical interventions and behavior change. Also, the school management was aligned for the implementation of pedagogical practices developed with children and actions developed by teachers and employees. These actions resulted in a goal initially aimed at this school: promoting the improvement of the quality of the school environment, awareness and education for sustainability, and the saving of public resources. The objective of this work was to produce a pilot project that provides subsidies for an Integrated Environmental Actions Program for Public Schools focusing on Sustainability.

***Keywords**: Sustainability. School. Environmental Quality. Education*

1 INTRODUÇÃO

Qualquer atividade de trabalho humano sofre influência da qualidade do ambiente no qual ela ocorre. Bitencourt (2014) descreve diversas condições desfavoráveis que prejudicam o desenvolvimento e produtividade nos ambientes.

Diversas normas brasileiras e internacionais definem as exigências que uma edificação, em particular escolas, deve atender para fornecer aos seus ocupantes condições adequadas de conforto térmico, acústico, luminoso e ergonomia (ABNT 2005, 1995, 2013a, 2013b; BSI 2005). O cumprimento das normas citadas indica como imprescindível que os usuários realizem seu trabalho de forma adequada e com segurança, sem prejudicar sua saúde, e com condições ambientais internas que promovam o bem-estar na realização das suas tarefas e melhorem a sua produtividade. Isto é ainda mais crítico quando se fala de um edifício escolar, onde o impacto das condições ambientais afeta a qualidade ambiental e, consequentemente, o

[1] SHAHINI, C., HERNANDEZ NETO, A., BUORO, A.B., FALCÃO F. Sustentabilidade na escola – uma proposta para uma EMEI de São Paulo, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

desempenho das crianças e a produtividade dos professores.

Bitencourt (2014, p.79) ressalta que mudanças realizadas na fase de planejamento do projeto podem torná-lo mais efetivo, qualificado e menos oneroso. Edificações escolares foram selecionadas para esta análise pois o projeto destas edificações é fortemente padronizado e intensamente replicado. Portanto, ações que obtenham um grau adequado de sucesso na edificação analisada teriam um maior potencial de replicabilidade com resultados positivos em um maior número de edificações.

Este trabalho baseou-se inicialmente na avaliação física do projeto de um edifício escolar existente com oito salas de aula e um refeitório. Deve-se ressaltar que a análise detalhada das necessidades do usuário final e suas esperadas interações com o prédio planejado, seja por motivos de manutenção ou simplesmente pela busca de conforto ambiental, são cruciais para a melhor qualidade do ambiente escolar e para as condições de aprendizado para as crianças-usuárias da escola em análise.

Guzenski (2011) enfatiza que, com a evolução da sociedade, as edificações deveriam ser melhoradas para reduzir a demanda de energia causada pela qualidade das envoltórias e das construções em si.

Existe uma diferença entre a qualidade dos ambientes de uso residencial e comercial que, no caso de uma edificação escolar, tem impacto adicional. Melhoras no aprendizado e participação colaborativa das crianças são os desafios para as próximas etapas desta pesquisa, tornando-se fator de maior impacto nas decisões de políticas públicas que afetem a melhoria do ambiente escolar como um todo.

2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi aprimorar o desempenho global (energético, hídrico e ambiental) de uma EMEI e implementar um programa de sensibilização e conscientização integrado ao projeto pedagógico da Escola, tendo como foco a melhoria do ambiente para as crianças e funcionários e apresentando a sustentabilidade ambiental como eixo principal para atingir este objetivo.

3 METODOLOGIA

O trabalho iniciou-se com um diagnóstico físico do projeto e características de ocupação dos espaços da escola pelos professores, funcionários e alunos.
Posteriormente foi realizado um diagnóstico energético e hídrico, tanto do consumo quanto dos usos (necessidades e frequência) de cada sistema.

Em seguida realizou-se a avaliação ambiental do conforto térmico, lumínico e acústico realizada por meio de medições utilizando os seguintes equipamentos: bússola, luxímetro e decibelímetro.

Com isto obteve-se uma avaliação preliminar das condições físicas e de uso da escola. A partir daí, foram realizados modelos de simulação térmicos e lumínicos com o uso do software Energy Plus (U.S. DOE, 2018) e Ecotect (Autodesk, 2016), respectivamente, que possibilitaram as análises propositivas das intervenções para alternativas mais econômicas e ambientalmente melhores.

Por fim, propostas de melhorias foram realizadas com uso de intervenções de baixo custo e prazo até alto custo e longo prazo reduzindo o consumo de energia e água.

3.1 Diagnóstico Físico

Durante visitas à escola, características dos sistemas de iluminação e equipamentos foram verificadas e o uso dos ambientes foi caracterizado. Estes dados, bem como dados climáticos da cidade de São Paulo, fundamentaram o modelo de simulação termodinâmica no programa Energy Plus (U.S DOE, 2018) e o modelo de simulação da luz natural no Programa Ecotect (Autodesk, 2016).

Nicol et al. (2012) reforçam que o entendimento da interação entre edifícios e pessoas auxilia significativamente na busca de soluções que forneçam conforto e produzam informações importantes para um projeto de edificações mais adequado e com menor impacto ambiental.

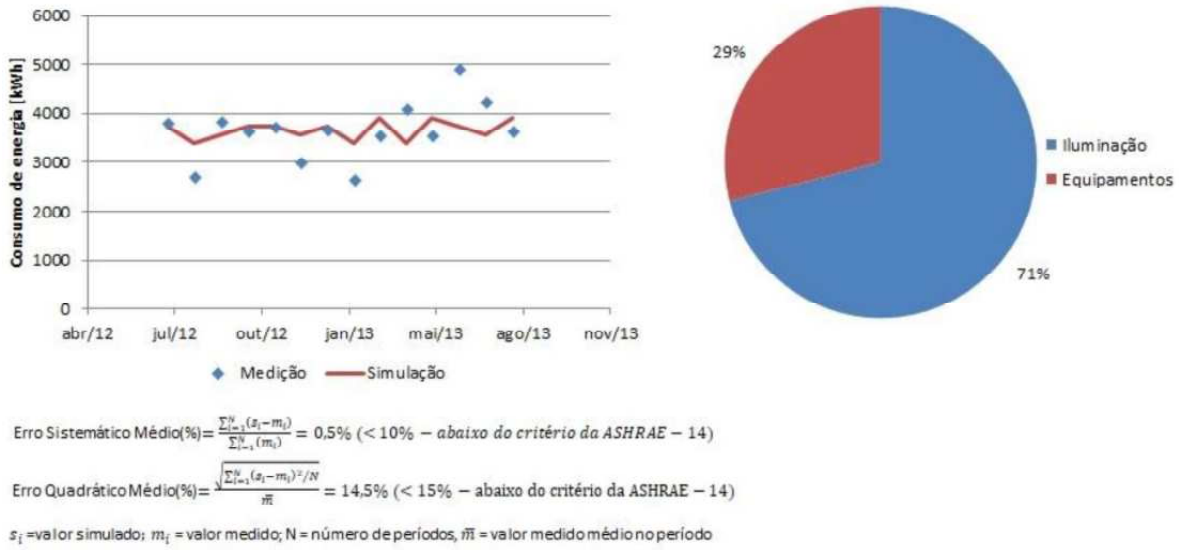
Destacam-se dois pontos críticos que afetam especialmente o desempenho ambiental qualitativo do edifício:

- Salas de aula e refeitório com meia-paredes azulejadas até 1,5m de altura;
- Inexistência de brise soleil para evitar o ofuscamento e o ganho de calor excessivo pelas aberturas de todas as salas de aula.

3.2 Diagnóstico Energético

Comparando os dados de consumo de energia fornecidos pela concessionária elétrica e o modelo simulado na ferramenta de simulação Energy Plus (U.S DOE, 2018), calibrou-se o modelo de acordo com a Diretriz 14/ASHRAE (ANSI/ASHRAE, 2002) e verificou-se que 71% do consumo de energia são relativos à iluminação e 29% aos demais equipamentos, ressaltando-se que não existem sistemas de ar condicionado na escola (Figura 01). Observou-se que, em diversos ambientes, o funcionamento da iluminação ocorria durante todo o período de uso da edificação, mesmo que estes ambientes não estivessem sendo utilizados, prejudicando o desempenho energético da escola.

Figura 1 - Comparação dos dados medidos e simulados e percentual dos usos finais



$$\text{Erro Sistemático Médio}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(s_i - m_i)}{\sum_{i=1}^{N}(m_i)} = 0{,}5\% \ (< 10\% - \textit{abaixo do critério da ASHRAE} - 14)$$

$$\text{Erro Quadrático Médio}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(s_i - m_i)^2/N}}{\overline{m}} = 14{,}5\% \ (< 15\% - \text{abaixo do critério da ASHRAE} - 14)$$

s_i =valor simulado; m_i = valor medido; N = número de períodos, $\overline{m}$ = valor medido médio no período

Fonte: Hernandez Neto, A. (2015)

3.3 Diagnóstico Hídrico

Os dados de consumo de água fornecidos pela Sabesp foram analisados desde 2011 e indicaram que havia uma variação de consumo ao longo do ano e um consumo atípico nos meses de férias. Foi confirmado que não existia um controle de entrada da água da rua no mês anterior ao período das férias, resultando em um desperdício de água durante a limpeza das caixas d'agua.

Com o Programa Deca PROÁGUA (Deca, 2018), foi realizado um estudo de consumo de água das válvulas sanitárias onde foi possível verificar que o esgotamento sanitário tem uma parcela significativa dentro do consumo total da edificação (em torno de 50%). Durante a crise hídrica, medições "in situ" do consumo de água das torneiras existentes (anti-vandalismo) foram feitas e constatou-se que o seu consumo era de 1,3 litros por acionamento.

3.4 Avaliação do Conforto Ambiental

Como resultado dos diagnósticos anteriores foram realizadas:

a. Medições dos níveis de ruído - conforme a NBR 10151, NBR 10152 (2017) e por meio de medidor de nível sonoro;

b. Medições dos níveis de iluminação natural e artificial - conforme a NBR 15215 (2003) e avaliação conforme a exigência da NBR 8995 (ABNT, 2013b).;

c. Avaliação da insolação das fachadas e incidência solar nas salas.

Como resultados destas avaliações constatou-se que:

- O nível de ruído encontrado nas diversas áreas da escola foi muito acima do que o recomendado pela norma NBR 10152 para salas de aula (40 a 50 dBA), circulações (45 a 55 dBA) e salas de reuniões (30 a 40 dBA). No refeitório, o valor foi ainda maior, com o ruído equivalente de 101 dBA,

durante quase 80% do tempo de uso da escola. Este nível excessivo de ruído gera um desconforto adicional devido à sua reverberação nos demais ambientes da edificação. Ocorre um efeito secundário que influencia as condições de conforto térmico pois as portas das salas de aula devem permanecer fechadas devido a reverberação sonora do corredor, o que inviabiliza o uso de ventilação cruzada nestes ambientes; [2]

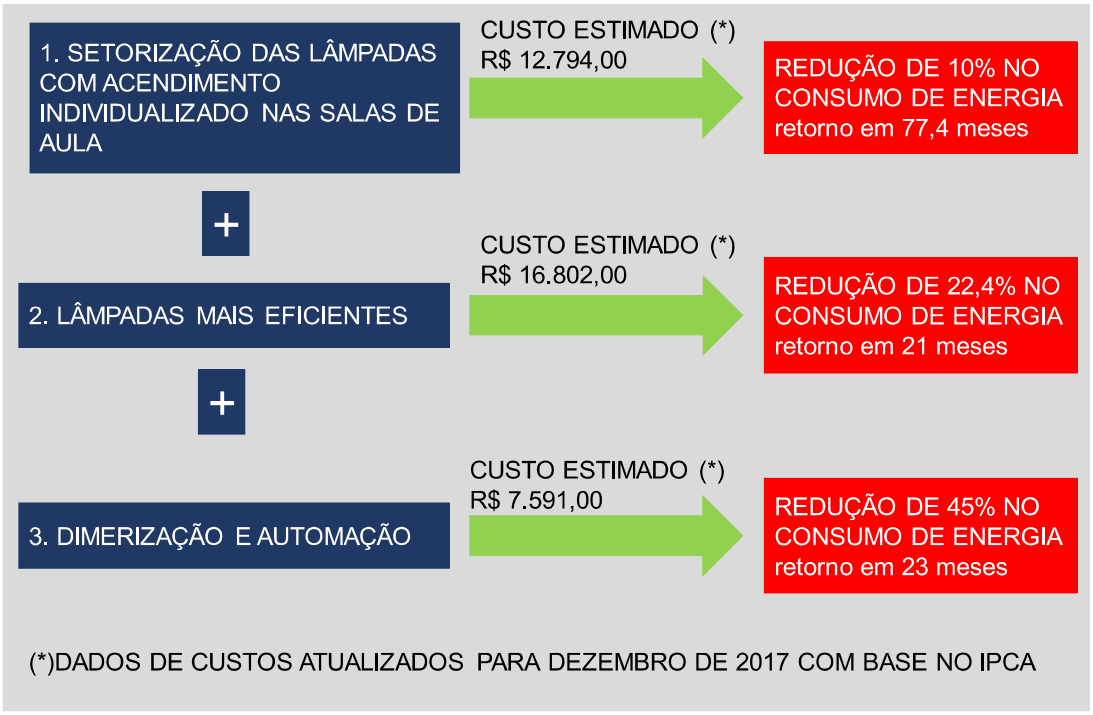
- O uso de materiais de revestimentos reverberantes (azulejos nas paredes do refeitório e das salas de aula a 1,5 m, gradis em ferro, forros com lajes e vigas em concreto, piso em granilite) e ausência de materiais absorvedores contribuem para a piora do conforto acústico;
- As medições realizadas para a avaliação da iluminação artificial indicam pontos em que a iluminância é inferior à recomendada pela norma NBR 8995 (ABNT, 2013b). Ela também considera novos parâmetros qualitativos da iluminação, que devem ser contemplados na renovação dos sistemas existentes: ofuscamento causado por luminâncias excessivas, como as geradas pela visualização direta das lâmpadas, ou pelas janelas, quando da incidência direta do sol;
- Analisando a orientação da escola, verificou-se que há uma grande incidência de radiação solar nas áreas envidraçadas nos períodos da manhã (fachada sudeste) e da tarde (fachada noroeste).

4 A MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL: Ações Propostas e Implantadas

Foram consideradas inicialmente as ações propostas para a melhoria da eficiência energética (quadro 1) e hídrica (quadro 2), tendo em vista a viabilidade de aplicação a curto prazo e as limitações relacionadas às reformas de edifícios públicos, em especial, escolas. No caso das ações de melhoria energética, o modelo desenvolvido na ferramenta Energy Plus (U.S DOE, 2018) foi usado para estimar as reduções de consumo de energia na edificação. O tempo de retorno foi calculado como a razão entre o valor do investimento a ser feito para implantação da ação e a redução de custo mensal obtida pela ação. No caso das ações de eficiência hídrica, procedeu-se da mesma forma, onde foram calculadas as reduções de consumo com base em levantamentos experimentais realizados na própria escola e o tempo de retorno de investimento foi obtido pela razão entre o custo de implantação da ação e a redução de custo proveniente da ação de eficiência hídrica.

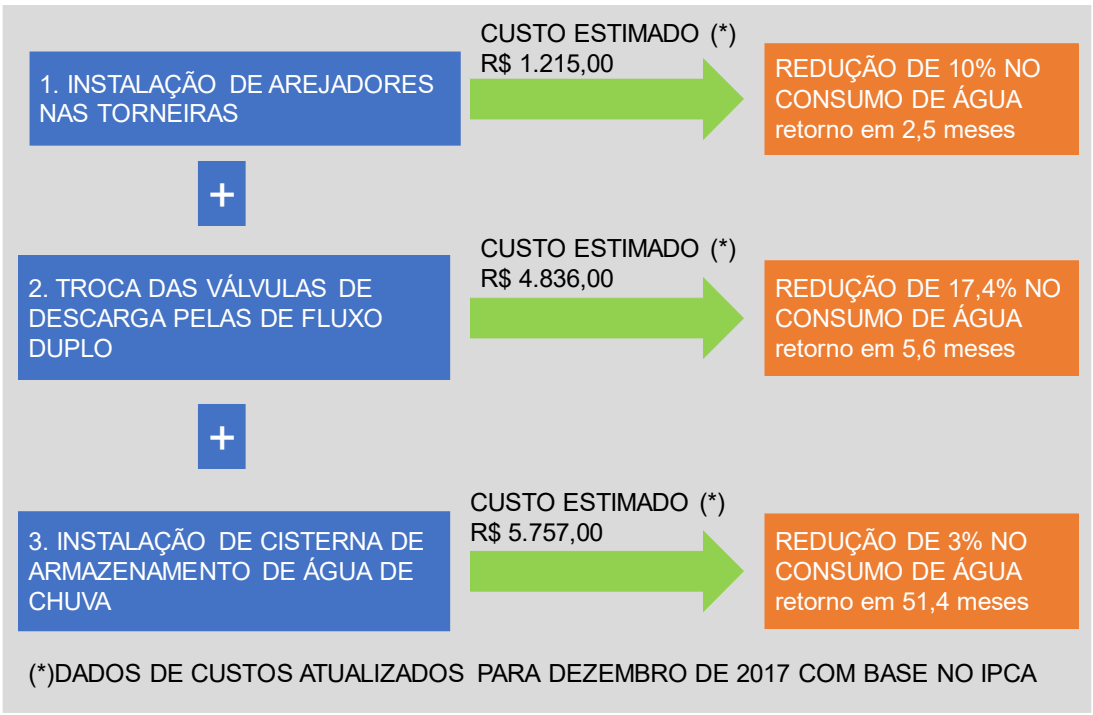
[2] A escola não possui ar condicionado e é ventilada naturalmente

Quadro 1 – Proposta de Eficiência energética e tempo de retorno de investimento



Fonte: Hernandez Neto, A. (2014)

Quadro 2 – Proposta de Eficiência hídrica e tempo de retorno de investimento



Fonte: Shahini, C. (2014)

Após terem sido feitas as análises, algumas alternativas puderam ser implementadas, assim como as práticas pedagógicas de educação ambiental, cujos resultados obtidos foram aferidos posteriormente.

Dentre as intervenções apresentadas, as seguintes foram realizadas:

- instalação de uma válvula de fluxo duplo em um sanitário (outubro de 2014);
- instalação de arejadores em todas as torneiras (fevereiro de 2015);
- instalação de interruptores individualizados nas salas de aula (julho de 2015).

Deve-se destacar que o consumo de energia apresentou uma queda em virtude da instalação de interruptores nas salas de aulas, de práticas pedagógicas associadas a economia de energia e educação ambiental, sendo que a economia de energia atingida foi de 19,9% e de água de 53,8%, valores acima dos inicialmente estimados.

5 CONCLUSÕES

O estudo realizado na EMEI aponta um grande potencial de melhoria de eficiência na gestão de água e energia, com consequente economia de recursos e uma necessidade de melhoria de conforto térmico, luminoso e sobretudo acústico, que impactam diretamente nas condições de saúde e produtividade (condições de ensino e aprendizagem) de seus usuários.

Apesar de não terem sido implantadas todas as ações inicialmente analisadas, as ações que foram implantadas apresentaram resultados acima dos inicialmente estimados e ainda tiveram efeitos positivos secundários, como a conscientização do uso mais racional da energia e água por parte dos usuários da edificação.

A abordagem ambiental integrada permite uma concepção mais ampla e multidisciplinar da sustentabilidade que, aplicada em escolas, poderá influenciar as futuras gerações.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao apoio do Instituto Assiah no levantamento de dados e informações utilizados neste artigo bem como aos profissionais: Silvia Gouveia Oliveira, Valeria Monteiro, João Marcos Guirau, Eduardo Portella, Claudia Queiroz.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15215**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

_____. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 10152**: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR/ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environment -- Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho – Partes 1 a 6. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1**. Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013b.

ANSI/ASHRAE. **ASHRAE Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand Savings**. Ashrae, v. 8400, p. 170, 2002.

Autodesk. **Ecotect – Software Documentation**, 2016.

BITENCOURT, F.; ELZA C. (orgs.) **Arquitetura e Engenharia Hospitalar – Planejamento, projetos e perspectivas**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2014.

BSI. DD CEN/TS 15127-1. **Health informatics. Testing of physiological measurement software**. **General.** 2005.

Deca. **Programa Deca PROÁGUA**, Disponível em: https://www.deca.com.br/sustentabilidade/proagua/, acesso: 26/06/2018.

GUZENSKI, F.M. **Impacto ambiental del sector de la construcción**. Dissertação de Mestrado: Máster en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática, Universidade Politécnica de Madrid, Madri – Espanha, 2011.

NICOL, F.; HUMPHREYS, M.A.; ROAF, S. **Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice, Earthscan**, 2012.

U.S. DOE. **EnergyPlus™ Version 8.9.0 Documentation**, 2018, 5680 páginas.