



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Carla Voltarelli Franco da **Silva**

Helena **Chung**

Patricia Yoshiko **Missawa**

**Projeto de adaptação do
EDIFÍCIO PAULA SOUZA
com base no conceito
*green building***

São Paulo

2008

Carla Voltarelli Franco da Silva

Helena Chung

Patricia Yoshiko Missawa

**Projeto de adaptação do Edifício Paula Souza com
base no conceito *green building***

Tema: sustentabilidade

Trabalho de Conclusão do Curso de
Engenharia Ambiental da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Mierzwa

São Paulo
2008



SUMÁRIO

Índice de Quadros	iii
Índice de Ilustrações	v
Índice de Imagens.....	iv
Lista de Siglas.....	vi
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
1 Introdução	1
2 Objetivo	4
3 Justificativa.....	4
3.1 Edifício Paula Souza	6
4 Revisão Bibliográfica.....	7
4.1 Agenda 21	7
4.1.1 Global.....	7
4.1.2 Brasil.....	9
4.1.3 Local	9
4.2 Ferramentas de Referência.....	10
4.2.1 AQUA (FCAV, 2007)	10
4.2.2 Guia de referência do sistema de ranqueamento para escolas - LEED for schools Reference Guide (USGBC, 2007).....	13
4.2.3 Recursos para um Ambiente Escolar Saudável - Healthy School Environment Resources (EPA, 2008).....	15
4.2.4 Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes para Secretarias de Educação (SCHERER; GONÇALVES, 2004).....	18
4.2.5 Implantação de Programas de Uso Racional da Água em Campi Universitários (TAMAKI et al. 2001).....	20
4.2.6 Melhorias em Projeto visando o Uso Racional da Água em Edifícios Escolares Públicos (SCHERER; AMORIM, 2004)	22
4.2.7 Estudo sobre a relação entre o desempenho escolar e o ambiente interno - A Study of Student Performance and the Indoor Environment (California Energy Comission, 2003) 23	
4.2.8 Gestão Energética em Edificações Universitárias (Sardinha et al. 2004)	24
4.2.9 Reuso + Reciclagem = Redução de Resíduos. Um Guia para Escolas e Grupos - Reuse + Recycling = Waste Reduction. A Guide for Schools and Groups (EPA, 2003)	25
4.2.10 Planejamento de um ambiente construído sustentável - Planning for a Sustainable Built Environment (DANIELS, 2003).....	25
4.3 Análise Crítica	26
5 Metodologia	28
5.1 Resíduos sólidos	28
5.2 Água	29
5.2.1 Escoamento de águas pluviais	29
5.2.2 Consumo de água potável	30
5.3 Energia	31



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Custos e benefícios financeiros de uma escola verde	5
Quadro 2 - Resultados da pesquisa junto aos usuários finais.....	21
Quadro 3 - População estimada da Escola Politécnica	32
Quadro 4 - Composição dos resíduos gerados no edifício	34
Quadro 5 - Composição dos resíduos gerados no restaurante do edifício.....	34
Quadro 6 - População do Edifício de acordo com o sexo.....	43
Quadro 7 - Consumo de água em bacias sanitárias e mictórios.....	43
Quadro 8 - Consumo de água nos lavatórios e torneiras da copa.....	43
Quadro 9 - Consumo de água por dispositivo.....	44
Quadro 10 - Valores médios de consumo de água por atividade.....	45
Quadro 11 - Consumo de água por unidade no intervalo de agosto/98 a dezembro/01.....	46
Quadro 12 - Consumo de água por unidade no intervalo de Janeiro/02 a Dezembro/05	47
Quadro 13 - Consumo de água estimado do Edifício Paula Souza para o intervalo de Agosto/98 a Dezembro/01	47
Quadro 14 - Consumo de água estimado do Edifício Paula Souza para o intervalo de Janeiro/02 a Dezembro/05	47
Quadro 15 - Consumo mensal no Prédio da Engenharia Civil.....	48
Quadro 16 - Estimativa semanal de água para irrigação de jardins.....	50
Quadro 17 - Coeficientes de escoamento por tipo de superfície	52
Quadro 18 - Coeficientes de escoamento por tipo de superfície	52
Quadro 19 - Cálculo do volume e da vazão crítica	53
Quadro 20 - Análise das Potências e Densidades por ambiente no departamento do PHD.....	60
Quadro 21 - Análise das Potências e Densidades por ambiente no Edifício.....	60
Quadro 22 - Previsão de demanda de água para bacias sanitárias e mictórios	79
Quadro 23 - Média de precipitação da cidade de São Paulo entre o período de 1961 a 1990.....	80
Quadro 24 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	82
Quadro 25 - Oferta de água pluvial mensal	84
Quadro 26 - Impacto do aproveitamento de águas pluviais para irrigação	85
Quadro 27 - Impacto do aproveitamento de águas pluviais para bacias sanitárias e mictórios	86
Quadro 28 - Critérios de classificação de condicionadores de ar tipo <i>split</i>	90
Quadro 29 - Performance da película P18ARL da 3M	91
Quadro 30 - Critério para combinação dos atributos	96
Quadro 31 - Priorização das alternativas propostas.....	97



ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Evolução de empreendimentos brasileiros registrados no LEED - USGBC	3
Ilustração 2 - Custo adicional para construção de um edifício verde.....	5
Ilustração 3 - Uso racional da água: diretrizes para Secretarias de Educação	19
Ilustração 4 - Composição dos resíduos gerados no Edifício Paula Souza	36
Ilustração 5 - Composição dos resíduos gerados no restaurante do Edifício.....	36
Ilustração 6 - Consumo de água por dispositivo	44
Ilustração 7 - Desagregação do consumo de água em universidade.....	45
Ilustração 8 - Desagregação do consumo de água em restaurantes	46
Ilustração 9 - Histórico do Consumo de Água do Edifício Paula Souza.....	49
Ilustração 10 - Vazão de escoamento pluvial	54
Ilustração 11 - Interface do software Moodle	67
Ilustração 12 - Série histórica da precipitação da cidade de São Paulo	80
Ilustração 13 - Exemplo de um tipo de dispositivo automático de acionamento de luz.....	87
Ilustração 14 - Exemplo de funcionamento de brises.....	93



RESUMO

A construção civil é um dos setores com maior responsabilidade pela degradação ambiental, consequência de técnicas construtivas pouco eficientes. Problemas como a má gestão do uso de insumos e a geração exacerbada e disposição inadequada dos resíduos sólidos, comprometem a qualidade de vida das gerações futuras. Em meio a panoramas críticos como esse, surgiu o conceito de sustentabilidade e, conseqüentemente, o termo construção verde, para reverter essas situações e garantir o equilíbrio ambiental, social e econômico. No presente trabalho, desenvolvido no Edifício Paula Souza da Escola Politécnica de São Paulo, são analisadas as situações problemáticas do empreendimento relacionadas ao consumo de água e de energia, assim como a gestão de resíduos sólidos. A partir das características do empreendimento, são propostas alternativas sustentáveis para a implantação. Por tratar-se de um edifício antigo e com diversos problemas estruturais, a dificuldade em torná-lo numa referência em construção verde é grande, porém, com a implantação das alternativas propostas, é possível atingir um nível de desenvolvimento ambiental equiparado a de muitas universidades existentes no mundo.

Palavras-chave: sustentabilidade, construção verde, universidade, resíduos, água, energia.



"Desenvolvimento sustentável significa usarmos nossa ilimitada capacidade de pensar em vez de nossos limitados recursos naturais".

JUHA SIPILÄ, ex-diretor do Conselho Metropolitano de Helsinque

1 INTRODUÇÃO

"O modelo tradicional de construção civil tem se mostrado insustentável: o setor é responsável pelo consumo de quase metade dos recursos naturais do planeta, 40% do consumo de energia e 34% do consumo de água" (ANAB, 2007). Além da alta toxicidade dos materiais e a deficiência no sistema de gestão dos resíduos sólidos, as técnicas construtivas são pouco eficientes, acarretando um consumo excessivo de recursos não renováveis, que, por sua vez, apresentam custos cada vez mais elevados devido à sua escassez. Como resposta a panoramas críticos como este, surgiu o conceito de sustentabilidade.

As definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável ainda estão em elaboração, principalmente quando se trata de passar para prática a teoria de seu significado. Entende-se que, pelo seu sentido mais amplo, sustentabilidade é uma condição em cima de todas as atividades humanas, tendo o dever de não comprometer os recursos para as gerações futuras (CMMAD, 1987). Já o desenvolvimento sustentável está associado ao progresso e surgiu primeiramente na Agenda 21.

A Agenda 21 discute o conceito de desenvolvimento sustentável e os processos e ferramentas de gerenciamento necessários para alcançá-lo. Considerando a realidade sócio-cultural de países em desenvolvimento, as prioridades, objetivos e, consequentemente, o próprio significado da Agenda 21 e sua implementação também são bastante distintos, inclusive para a construção (JOHN *et al.* 2001). Para a viabilização dos itens ambientais na construção civil, será necessária uma radical transformação no setor.

Uma grande mudança vem ocorrendo na área da construção civil. Nos meados da década de 1970 (IBDA, 2008), surgiu o conceito "construção verde" (do inglês, *green building*), que abrange construções projetadas de acordo com práticas sustentáveis para garantir sua mais alta eficiência em uso de recursos (energia, água e materiais), reduzir os impactos negativos causados pela sua construção ao meio ambiente, além de assegurar



Empreendimentos brasileiros registrados no LEED

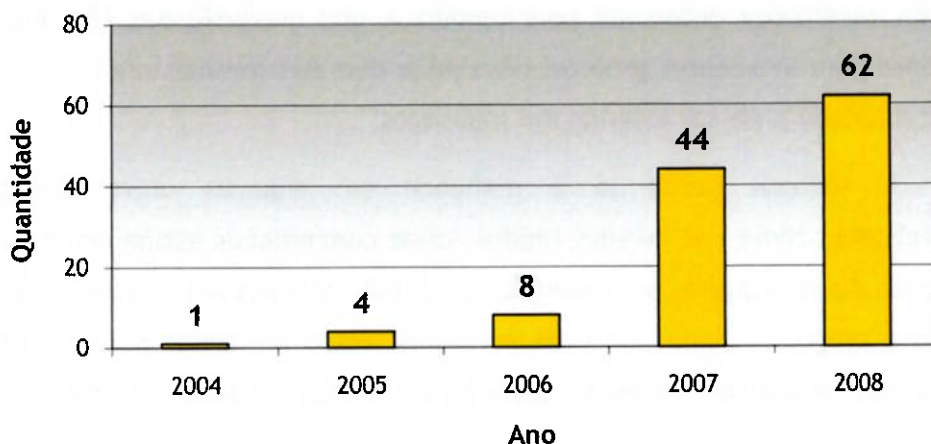


Ilustração 1 - Evolução de empreendimentos brasileiros registrados no LEED - USGBC

Fonte: Adaptado de USGBC, 2008.

Mesmo com a tendência mundial de apoiar tais empreendimentos, não se pode ignorar o que já foi feito: as edificações existentes. Se, em novos projetos, ainda há obstáculos como a obtenção de materiais ambientalmente saudáveis, avaliação e monitoramento de impactos desde sua fase inicial e reeducação da população usuária; as construções já concluídas têm obstáculos ainda mais complexos, devido à própria limitação de seu conceito: sendo uma edificação existente, não há opção de reconstrução. A alternativa é buscar mecanismos que viabilizem, econômica e sustentavelmente, reformas, ainda que de grandes proporções, que possam tornar essas adaptações equivalentes àquelas que poderiam, hoje, ser realizadas em novos edifícios.

Apesar de estar em ascensão, a indústria das construções verdes ainda enfrenta preconceitos, que impedem sua consolidação. Uma pesquisa, realizada em 2005, pela Turner Construction Company (EUA), com 665 executivos, concluiu que mais da metade deles está desencorajada a investir em construções verdes devido a preocupações com custos (68%) e à falta de conhecimento e informações disponíveis sobre os benefícios financeiros (64%) das construções verdes. Além disso, 47% dos entrevistados apontaram também a dificuldade em quantificar os benefícios desses edifícios (KATS, 2006). Essa insegurança também vale quando se trata de reformas de prédios existentes, adicionada, ainda, a um menor leque de estudos e pesquisas.

Pode-se dizer que o conceito de prédio verde, apesar de sua ainda pequena influência no país, está mundialmente em expansão e vem dando margem a discussões e



categorias se diferem de acordo com as tecnologias aplicadas necessárias para seu atendimento.

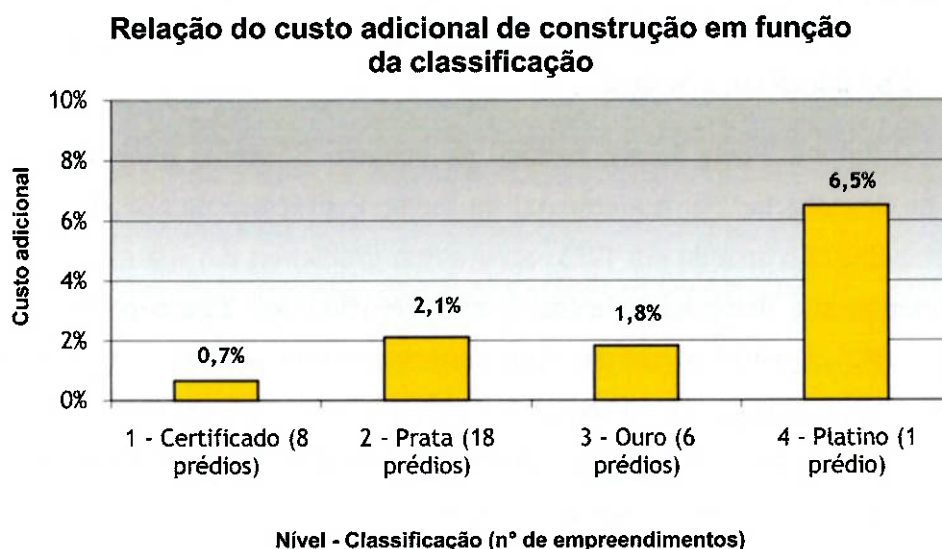


Ilustração 2 - Custo adicional para construção de um edifício verde

Fonte: Adaptado de USGBC, 2008.

Esse estudo também analisou os custos e benefícios de escolas verdes. O Quadro 1 mostra uma estimativa dos valores financeiros para escolas verdes, considerando uma vida útil de 20 anos.

Categoria	Valor presente de 20 anos (dólares/m ²)
Economia de energia	63
Redução de emissões	13
Economia de água	6
Economia em operação e manutenção	92
Aumento da produtividade e melhoria da saúde dos ocupantes	398 a 594
SUBTOTAL	572 a 768
Custo adicional de um edifício verde	(-32 a -54)
TOTAL	540 a 714

Quadro 1 - Custos e benefícios financeiros de uma escola verde

Fonte: Adaptado de USGBC, 2008.

Além do benefício financeiro para os investidores, uma pesquisa também realizada pela Turner Construction Company apontou outras vantagens da adoção de



por se tratar de cursos diretamente relacionados à construção civil e ao meio-ambiente, transformar o Edifício Paula Souza em um “prédio verde” pode ser entendido como um incentivo aos demais edifícios da Universidade, estando cada vez mais próximo do ideal de *green campus*.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 AGENDA 21

"A Agenda 21 reúne o conjunto mais amplo de premissas e recomendações sobre como as nações devem agir para alterar seu vetor de desenvolvimento em favor de modelos sustentáveis e a iniciarem seus programas de sustentabilidade".

Marina Silva, ex-ministra do Meio Ambiente

A Agenda 21 revela em ações o conceito de desenvolvimento sustentável. É um programa de ações baseado num documento de 40 capítulos, que foi um dos principais resultados da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, conhecida como ECO-92, realizada em 1992, no Rio de Janeiro. Este documento, para o qual contribuíram governos e instituições de 179 países, é a mais abrangente tentativa de promover um novo padrão de desenvolvimento, estabelecendo a importância de cada país se comprometer a refletir sobre como governos e todos os setores da sociedade poderiam cooperar para um desenvolvimento sustentável; sendo, portanto, um produto diplomático contendo consensos e respostas, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

4.1.1 Global

A Agenda 21 Global é, atualmente, o documento mais abrangente e de maior alcance no que se refere às questões ambientais. O enfoque desse processo de planejamento, no entanto, não é restrito às questões ligadas à preservação e conservação da natureza; contempla, também, fatores sociais. A Agenda 21 considera questões estratégicas ligadas à geração de emprego e renda; à diminuição das disparidades regionais e interpessoais de renda; às mudanças nos padrões de produção e consumo; à construção de cidades sustentáveis e à adoção de novos modelos e instrumentos de gestão (MMA, 2008).



7.74. As autoridades locais são convocadas a desempenhar um papel pioneiro na promoção da intensificação do uso de materiais de construção e tecnologias de construção ambientalmente saudáveis, por exemplo, adotando uma política inovadora quanto às aquisições“.

4.1.2 Brasil

Todos os 179 países que consentiram com a Agenda 21 Global assumiram o compromisso de elaboração e implementação também de sua própria Agenda 21 Nacional. A metodologia empregada contempla a participação de diferentes níveis do governo, o setor produtivo e a sociedade civil organizada.

No Brasil, as discussões são coordenadas pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS), criada em 1997, com atribuições de propor estratégias de desenvolvimento sustentável e coordenar, elaborar e acompanhar a implementação da Agenda Nacional. A Agenda brasileira aponta como prioritários os investimentos em educação, saúde, programas que visem uma melhor distribuição de renda, a preservação dos recursos naturais e o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício, que é tido como o principal ponto dessas ações.

A Agenda Nacional difere em relação à maioria das experiências mundiais pela opção da elaboração também de Agendas Locais, essencialmente necessária num país como o Brasil, de grandes dimensões territoriais e uma complexa diversidade geográfica e sócio-econômica. A elaboração e implementação de Agendas 21 Locais é a principal ação estratégica contemplada no Programa de implementação da Agenda brasileira, que é hoje um dos grandes instrumentos de formação de políticas públicas no Brasil (MMA, 2008).

4.1.3 Local

A Agenda 21 brasileira *“privilegia a ação local por entender que é na localidade, no espaço concreto do município, que as coisas acontecem, ou seja, delega à municipalidade e aos municípios a tarefa de dizer como desejam que seja o crescimento ou o desenvolvimento da sociedade e o futuro da localidade”* (Secretaria do Meio Ambiente - SP, 2008).

O capítulo 28 da Agenda 21 Global estabelece que *“cada autoridade em cada país implemente uma Agenda 21 Local, tendo como base de ação a construção, operacionalização e manutenção da infra-estrutura econômica, social e ambiental local,*



documentos e comprovação de tudo o que foi feito, como uma preparação para uma auditoria.

O SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento) é utilizado como base para certificado, pois nele se encontra toda a organização para métodos, competências, meios e documentação necessária para atender todos os quesitos da certificação. Também mostra o grau de dificuldade para implementação do conceito “verde” no empreendimento, pois construções complexas tornam os impactos mais detalhados e diversos.

Os níveis de desempenho que são associados à Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) são divididos da seguinte forma: bom, superior e excelente. Sendo que bom (B) significa um nível mínimo de atendimento às normas do certificado, superior (S) às boas práticas e excelente (E) a desempenhos máximos. E tais níveis são dados às 14 categorias avaliadas, que são:

Eco- Construção

1. Relação do edifício com o seu entorno
2. Escolha Integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
3. Canteiro de obras com baixo impacto ambiental

Eco-Gestão

4. Gestão de Energia
5. Gestão da Água
6. Gestão dos Resíduos de uso e operação do edifício
7. Manutenção - permanência do desempenho ambiental

Conforto

8. Conforto Hidrotérmico (preocupação sazonal da região, climatização natural ou artificial)
9. Conforto Acústico
10. Conforto Visual (Garantia de iluminância necessária para as atividades - otimização do tipo natural)
11. Conforto Olfativo (Ventilação e controle de fonte de odores desagradáveis)



(alguns níveis de S e E ainda não estão definidos, portanto deverão ser atualizados posteriormente a medida que padrões mais específicos sejam apresentados).

O AQUA parece se repetir em seus pontos (ambiente, água, ar), porém, cada família e seu grupo de categorias devem especificar um ponto de vista importante.

4.2.2 *Guia de referência do sistema de ranqueamento para escolas - LEED for schools Reference Guide (USGBC, 2007)*

A Liderança em Concepção Energética e Ambiental (LEED) é um sistema para certificação de construções sustentáveis criado pelo Conselho de Construção Sustentável dos Estados Unidos, uma organização sem fins lucrativos empenhada em expandir práticas sustentáveis para edificações. O USGBC é composto por comitês que reúnem trabalhadores de diversos setores da indústria da construção para desenvolver e aperfeiçoar práticas de construções sustentáveis adotadas no LEED.

O LEED foi elaborado a partir de normas norte-americanas e é um sistema voluntário, impulsionado pelo mercado e que teve a tecnologia existente como base. Ele avalia o desempenho ambiental do ciclo de vida de um empreendimento, proporcionando um padrão para o que constitui uma construção verde. Esse sistema proporciona uma metodologia para minimizar os impactos ambientais gerados pela construção e operação de um edifício, além de otimizar o rendimento deste.

Essa metodologia fornece diretrizes de acordo com seis categorias que abordam diferentes questões ambientais:

1. *Espaço Sustentável - Sustainable Sites*

Esse capítulo aborda questões ligadas ao local onde o empreendimento está (ou será) localizado, como, por exemplo, densidade de ocupação da região, acessibilidade a transportes públicos, recuperação de áreas degradadas, ilhas de calor, áreas verdes livres, controle da quantidade e da qualidade da água pluvial coletada no local.

2. *Uso Racional da Água - Water Efficiency*

Esse capítulo trata de assuntos ligados à água e oferece diretrizes para redução no seu consumo, como o uso de louças e metais economizadores de água, aproveitamento da água pluvial, tratamento das águas cinzas e negras.



- LEED para projetos com vários edifícios numa mesma administração - *LEED for Multiple Buildings and On-Campus Building* e
- LEED para projetos escolares em desenvolvimento - *LEED for Schools*.

Para a elaboração desse trabalho, serão utilizadas algumas diretrizes apontadas no LEED para escolas.

O LEED para escolas foi criado a partir do LEED para novas construções, devido ao reconhecimento do caráter único da concepção e construção de uma escola. Foi comprovado que ambientes amplos iluminados com luz natural e de alta qualidade acústica são alguns fatores propícios para o alto rendimento escolar. Portanto, questões como a acústica das salas de aula, a avaliação ambiental do sítio e o acompanhamento do plano ambiental desenvolvido são abordados nessa metodologia.

Ao levar em consideração a singularidade dos espaços escolares e questões da saúde infantil, o LEED para escolas fornece uma ferramenta para a construção de uma “escola verde”, a fim de garantir uma vida saudável aos alunos, conforto para os professores e uma boa relação custo-benefício.

4.2.3 Recursos para um Ambiente Escolar Saudável - *Healthy School Environment Resources* (EPA, 2008)

Milhões de crianças e adultos gastam uma parcela significativa dos seus dias, em diversos edifícios escolares públicos e privados (EPA, 2008). Muitos destes edifícios são antigos e têm características ambientais que inibem a aprendizagem e colocam a saúde dos ocupantes em risco. Sendo assim, foi criado o *Healthy School Environment Resources Website* (*website* sobre os recursos ambientais para uma escola saudável), para ajudar a prevenir e resolver questões ambientais nas escolas.

São abordados 14 assuntos diferentes e diversas diretrizes relacionadas a eles para ajudar gestores escolares, engenheiros projetistas, arquitetos, professores e funcionários a tornarem a escola um ambiente saudável. Os assuntos abordados são:

Uso e gerenciamento de produtos químicos

Produtos químicos são amplamente utilizados na escola, por estudantes, professores e funcionários. Usualmente são empregados em laboratórios e na limpeza. A boa gestão (armazenamento, rotulagem, uso e eliminação) destes produtos contribui para um ambiente escolar saudável, minimizando os riscos à saúde. Assim, neste item são



ambientes escolares. Fatores como educação ambiental e treinamento de funcionários ajudariam na minimização de problemas que podem ocorrer.

Legislação e regulamentação

Poluição do ar externo

A poluição do ar tem várias fontes fixas (indústrias, plantas energéticas e outros empreendimentos) e móveis (automóveis, aviões e trens). A EPA monitora os seis principais poluentes, assim como os estados e cidades, seguindo o *The Clean Air Act* que é o principal esforço para proteção da qualidade do ar.

Salas de aula portáteis

As salas de aula portáteis não são tão diferentes das fixas, porém há uma diferença no material de construção das duas. Foi verificado que produtos com níveis maiores de formaldeídos são utilizados na construção das salas portáteis; como resultado, os níveis de poluentes atmosféricos nocivos à saúde podem se encontrar elevados, especialmente se a ventilação não for adequada.

Segurança e prontidão

Este item não só deve preparar a escola de situações emergenciais, mas também para a minimização de impactos causados por elas, além de planejamento e pré-análise de riscos possíveis.

Ferramenta para avaliação do desempenho escolar

A ferramenta é utilizada para identificar as características particulares de cada escola, através de uma lista de checagem sobre segurança e saúde.

Resíduos Sólidos

Atualmente existem práticas de controle de resíduos muito conhecidas, como redução das fontes, reciclagem, compostagem e etc.

Redução de Resíduos

O EPA tem o programa WasteWise, em que organizações elaboram seus próprios projetos de redução de resíduos; o programa oferece, ainda, ajuda para desenvolvimento, implementação e atividades redutoras.

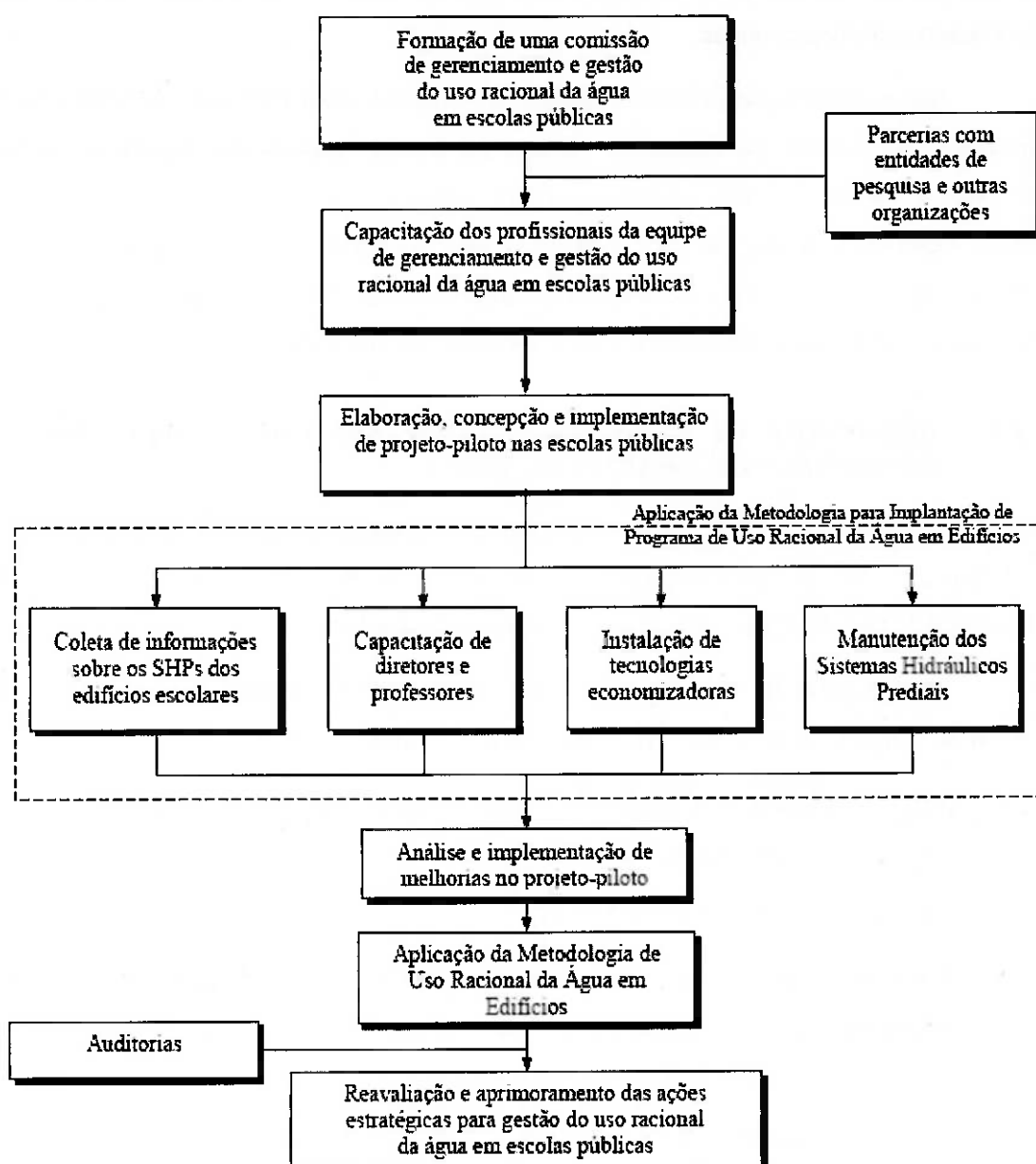


Ilustração 3 - Uso racional da água: diretrizes para Secretarias de Educação

Fonte: Scherer, 2004.

A metodologia é esquematizada em quatro etapas: auditoria do consumo de água, diagnóstico, plano de intervenção e avaliação da eficiência na redução do consumo. Uma etapa essencial ao projeto é a coleta de informações sobre os sistemas hidráulicos prediais (SHPs) das unidades, principalmente para estimar a viabilidade técnica e ao planejamento do Programa, pois um sistema de uso racional de água em edifícios atua fundamentalmente no SHP, que pode contribuir para o detalhamento do projeto. É necessário também considerar as condições físicas do edifício, pois instalações precárias



unidades) referente ao abastecimento de água e coleta de esgoto (CODAGE, 2004), resultando em três objetivos principais:

- reduzir o perfil de consumo de água e sua manutenção;
- implantar um sistema estruturado de gestão da demanda de água;
- desenvolver uma metodologia aplicável a outros locais.

A implantação do Programa ocorreu conforme a estruturação acima apresentada, sendo que, na Etapa 5, foi aplicada uma pesquisa direcionada aos usuários finais (docentes, alunos e funcionários) das oito unidades que tiveram o PURA primeiramente implantados. Os resultados da pesquisa estão explicitados no Quadro 2, a seguir.

%	Aspectos dos usuários
63	São alunos
78	Permanecem mais de 5h/dia na USP
30	São atingidos pelo racionamento de água
73	Têm consciência da escassez de água potável
98	Afirmam economizar água (evitando banhos demorados e/ou fechando a torneira)
76	Comunicam a um funcionário a ocorrência de vazamento na USP
72	Repararam nas reformas
42	Consideram como melhor sistema de descarga a válvula
41	Consideram como melhor sistema de descarga a caixa acoplada (resultado similar ao anterior)

Quadro 2 - Resultados da pesquisa junto aos usuários finais

Fonte: Adaptado de TAMAKI *et al.*, 2001.

O artigo mostra que, além da redução do consumo, outros impactos foram detectados através da implantação do PURA na USP:

- aumento do domínio sobre o sistema hidráulico;
- modernização de componentes do sistema;
- desenvolvimento de novas tecnologias;
- conscientização dos usuários;
- confirmação da necessidade da existência de um programa como o PURA, estruturado e permanente.



4.2.7 Estudo sobre a relação entre o desempenho escolar e o ambiente interno - *A Study of Student Performance and the Indoor Environment (California Energy Commission, 2003)*

Este relatório aponta os resultados obtidos nos estudos realizados a respeito do desempenho dos alunos nas salas de aula de acordo com a qualidade do ambiente interno. Ele faz parte do Programa Público de Pesquisas sobre Energia (*Public Interest Energy Research (PIER) Program*), que foi elaborado pela - Comissão de Energia da Califórnia (*California Energy Commission*) - e é gerido pelo - Instituto de Novos Empreendimentos (*New Buildings Institute*).

Durante um ano, foram realizados testes em salas de aula de uma escola da Califórnia para mensurar a influência da variação de aspectos ambientais na performance dos alunos. Os atributos físicos que foram investigados são: taxa de renovação de ar, iluminação natural, qualidade do ar interior, conforto térmico, acústica, iluminação artificial, bem como o tipo de sala de aula.

A relação entre esses parâmetros foi realizada por meio de observações no sítio e por levantamentos de informações de professores. Modelos estatísticos foram realizados para analisar essa relação. E, a partir da análise desses resultados, uma lista foi elaborada com as variáveis ambientais e seus respectivos efeitos no desempenho escolar, para que estes possam ser considerados na concepção de uma nova escola ou na reforma de uma já existente.

Algumas conclusões obtidas com o estudo foram:

O ambiente visual é um fator que tem grande influência na aprendizagem.

- Uma visão ampla e agradável através das janelas das salas de aula aumenta o desempenho escolar;
- Fontes de brilho prejudicam a performance dos alunos, principalmente em matérias em que o ensino é demonstrado visualmente;
- Penetração direta de luz solar exerce influência negativamente por resultar em fontes de brilho e desconforto térmico;
- Adoção de persianas e cortinas permite que professores controlem o brilho de fontes intermitentes e distração visual através das janelas.



4.2.9 *Reuso + Reciclagem = Redução de Resíduos. Um Guia para Escolas e Grupos - Reuse + Recycling = Waste Reduction. A Guide for Schools and Groups (EPA, 2003)*

O gerenciamento dos resíduos apresentado no Guia tem como metas básicas: reduzir, reutilizar e reciclar. De acordo com o documento, as vantagens da redução incluem prevenção da poluição (obriga as indústrias a produzirem menos), economia de energia, diminuição de gases de efeito estufa, conservação de recursos naturais, fuga de disposições caras e danosas para o meio ambiente e benefícios às gerações futuras.

O programa também sugere que atitudes que reduzam o consumo de resíduos não sejam realizadas isoladamente, mas em grupos, envolvendo a comunidade local e lugares onde é necessária uma melhor disposição de lixo.

Compostagem é uma opção nos Estados Unidos, também citada no guia. No Brasil, no entanto, há poucos lugares propícios a tal prática, que só funciona quando existe uma boa separação de resíduos.

O programa *Plug-In to eCycling* da Agência de Proteção Ambiental (EPA) Americana informa empresas que recolhem peças eletrônicas não mais utilizadas e, assim, possibilita uma disposição correta desses produtos.

O Guia apresenta, ainda, um esquema para se inserir a cultura de reciclagem dentro de uma comunidade, onde a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos possam ser utilizadas, contribuindo para a conscientização da população envolvida.

4.2.10 *Planejamento de um ambiente construído sustentável - Planning for a Sustainable Built Environment (DANIELS, 2003)*

Edifícios bem projetados, que abrangem diversos tipos de uso e com acesso a áreas verdes podem ter grande contribuição para a qualidade de vida da comunidade, já que construções sustentáveis minimizam poluições e geração de resíduos (DANIELS, 2003).

O capítulo 18 do livro *The Environmental Planning Handbook* (DANIELS, 2003) retrata a interação que edificações têm com o meio ambiente e suas consequências, e aborda o planejamento necessário para diminuir os impactos negativos na região e na saúde pública causados por essa relação. São abordadas questões para melhorar o ambiente das construções, acomodar o crescimento populacional e fornecer alternativas para expansão, como usos múltiplos do solo numa mesma região, desenvolvimento mais compactado, acessibilidade a áreas verdes, incentivos financeiros e perturbações da vizinhança.



guia técnico, AQUA. Este, por sua vez, não apresenta metas quantificadas, mas dá um maior leque de opções para o empreendedor. Ainda em relação às referências nacionais, alguns documentos mencionam os programas PURA e PURE, incorporados também pela USP, porém, aparentemente, sem continuidade, resultando num baixo desempenho, além de um outro, que faz menção à gestão energética em edificações universitárias, propondo boas alternativas de redução do consumo de energia. Todavia, apesar da evolução deste processo, é evidente a busca por medidas reativas e não pró-ativas, o que caracteriza a falta de planejamento adequado.

Iniciativas visando a eco-eficiência são muito mais comuns em países desenvolvidos. Em especial os Estados Unidos, onde há uma riqueza de elementos literários, são um modelo no manejo de resíduos sólidos, ainda tão deficitário no Brasil. No âmbito da educação, os EUA demonstram especial preocupação em relação à qualidade do ambiente de ensino, além de também serem o maior exemplo em construções verdes em geral, inclusive na parte de certificação.

Criada pelo Conselho de Construção Sustentável Norte-americano, a Liderança em Concepção Energética e Ambiental (LEED) é atualmente um dos sistemas para certificação de construções sustentáveis mais utilizados no mundo. O fato de ter sido criada por um comitê composto por profissionais de diversas áreas da construção civil, como engenheiros, arquitetos, ambientalistas e representantes da indústria, garante credibilidade à ferramenta, que apresenta uma metodologia simples de ser seguida, com metas bem definidas, alternativas para atingi-las e normas que devem ser respeitadas para se desenvolver um projeto sustentável. No entanto, tendo como base as características dos sistemas utilizados nos Estados Unidos e as normas norte-americanas, o cumprimento de alguns de seus créditos se torna muitas vezes inviável, ou até mesmo impossível, em países como o Brasil, que apresentou um conselho criado para adaptar essa ferramenta à realidade de nosso país, repensando uma estratégia levando em conta suas limitações. Mesmo com seu processo de adaptação não concluído, a LEED será a principal ferramenta utilizada nesse trabalho para analisar questões ligadas à gestão de resíduos, uso de água e de energia do Edifício Paula Souza, incluindo estimativas de geração e consumo e a formulação das alternativas.



gestão deve englobar todo o ciclo dos resíduos, desde sua geração até sua disposição final.

Após a apresentação do diagnóstico da situação, serão propostas mudanças no sistema de gestão e logística atual, incluindo um centro único de armazenamento e triagem de recicláveis no edifício, aproveitando ao máximo as ações do Programa Poli USP Recicla. Vale ressaltar que um correto planejamento de resíduos sólidos deve enfatizar a atuação nas causas do problema, ou seja, dar prioridade à redução da geração dos mesmos, criando mecanismos alternativos às atividades rotineiras do edifício, que remetam ao conceito de sustentabilidade.

5.2 ÁGUA

5.2.1 *Escoamento de águas pluviais*

Um terreno natural tem capacidade de absorção da água da chuva por meio do solo e da vegetação. À medida que as áreas vão se tornando urbanizadas com a construção de edificações, a superfície permeável é reduzida, resultando no aumento do escoamento superficial das águas pluviais. Esse aumento de escoamento pode sobrecarregar o sistema de drenagem urbana e de coleta, resultando em enchentes urbanas. Além disso, os sedimentos e outros contaminantes contidos nele causam um impacto negativo sobre a qualidade da água para navegação e recreação. E seu tratamento exige uma boa infra-estrutura e manutenção.

Portanto, serão propostas medidas não-estruturais e estruturais para minimizar o volume de água descartada para os sistemas de drenagem urbana e de coleta. As alternativas que serão analisadas nesse trabalho são:

Aumento da superfície permeável do terreno, por meio de áreas verdes e pisos drenantes

Algumas vantagens da infiltração, segundo Urbonas e Stahre apud Tucci (2003), são o aumento da recarga do aquífero, redução da poluição transportada para rios e redução de vazões máximas a jusante. Além disso, essa medida tem baixo custo.

Captação, tratamento e aproveitamento da água de chuva

Essa alternativa, além de retirar carga dos sistemas de drenagem urbana e de coleta e tratamento de água, minimiza o uso de água potável no empreendimento, já que a água pluvial pode ser aproveitada nas bacias sanitárias, mictórios, na irrigação, na lavagem de piso e para outros fins não potáveis.



5.3 ENERGIA

O consumo de energia elétrica engloba todos os ramos de atividades do prédio, desde o uso de luz elétrica e aparelhos de ar-condicionado a sistemas de informática e segurança. Além das atividades acadêmicas, há também atividades experimentais, onde o fornecimento de energia aos aparelhos utilizados não pode ser interrompido, assim como para os sistemas de segurança do prédio.

O levantamento de dados atuais sobre o consumo de energia do prédio é fundamental para o começo de um estudo: luminárias e aparelhos utilizados com suas especificações técnicas, consumo total e custo da edificação como um todo.

Aparelhos de medição e verificação também devem entrar em análise para estudo, pois indícios de um possível erro de fiscalização podem comprometer o projeto, enquanto que, se os aparelhos estiverem bem regulados, podem-se propor medições individuais, localizando as situações mais críticas e focalizando programas de redução do consumo de energia.

Ainda, propostas setoriais podem fazer parte do estudo, tais como painéis solares em locais viáveis, luminárias com uma melhor eficiência energética, estudos para diminuir a demanda do sistema de refrigeração e sistemas de desligamento automático, entre outros.

As alternativas propostas também podem combinar com as de outros campos (água e resíduos sólidos), casos como a utilização de painéis solares para aquecimento de água podem servir para produção de energia.

Em relação aos laboratórios de informática, é necessária uma análise do consumo energético dos aparelhos. A partir dos dados obtidos, será estudada uma possível substituição destes por equipamentos mais eficientes.

6 OBTENÇÃO DE DADOS E DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO

A obtenção de dados é uma das etapas mais importantes para a análise do Edifício Paula Souza em relação à sustentabilidade, já que, a partir deles, são identificados os problemas e as intervenções necessárias para solucioná-los. Portanto, foram apenas coletados e estudados os dados que são pertinentes aos assuntos tratados nesse trabalho, ou seja, os resíduos sólidos, a água e a energia.



- Docentes regime RDIDP: 40 horas
- Docentes regime RTC: 20 horas
- Docentes regime RTP: 8 horas

6.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Em 2006, foi desenvolvido através do Programa Poli USP Recicla um Diagnóstico de Resíduos Sólidos na Escola Politécnica, com o objetivo de avaliar os aspectos qualitativos da geração dos resíduos comuns, os potenciais laboratórios geradores de resíduos perigosos e o gerenciamento, como um todo, dos resíduos gerados, bem como a percepção de membros da comunidade Poli. A partir das conclusões do Diagnóstico, vem sendo desenvolvido e implementado um plano de ação para a gestão dos resíduos, em conjunto com a análise de aspectos mais específicos, como, por exemplo, a questão das pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes.

6.1.1 Resíduos comuns

Os resíduos sólidos comuns tiveram sua composição determinada com base em catação e separação manuais, realizadas em algumas unidades da Escola. O Edifício da Engenharia Civil, bem como o restaurante nele instalado, tiveram seus resíduos quantificados em diferentes fases, especificamente (vide Quadro 4 e Quadro 5, respectivamente). A partir dos dados de geração no edifício, foi estimada a média de geração per capita, relativa ao número de usuários equivalentes, no caso, 1.112.

Tipo de Resíduo	Total semanal (kg)	Lixo comum (%)	Segregado (%)	Total (%)
Papel/Papelão	113,4	49,3	50,7	23,7
Plástico	29,2	100,0	0,0	6,1
Tetra Pak	3,8	100,0	0,0	0,8
Alumínio	2,7	74,9	25,1	0,6
Outros Metais	3,4	100,0	0,0	0,7
Vidro	5,7	100,0	0,0	1,2
Borracha	0,5	100,0	0,0	0,1
Tecido	1,3	100,0	0,0	0,3
Eletrônico	1,5	100,0	0,0	0,3
Madeira	3,9	100,0	0,0	0,8



alumínio eram segregados, mesmo não havendo um programa formal de reciclagem. O volume de alumínio, no entanto, não pôde ser medido, inclusive nos restaurantes, pois o alumínio gerado provém, basicamente, de latas de bebidas, que são alvo de funcionários ou terceiros, especialmente pessoas de baixa renda, que recolhem o lixo nos restaurantes e lanchonetes em troca do material, ou ainda reviram as próprias lixeiras, enviando, posteriormente, o material à reciclagem. Essa prática, porém, apesar de promover a reciclagem, pode muitas vezes atrapalhar a coleta de lixo, uma vez que frequentemente os catadores rasgam os sacos de lixo.



Imagem 2 - Papéis separados para reciclagem no Edifício Paula Souza

Fonte: Poli USP Recicla, 2006.

A quantidade de resíduos de varrição pode ser considerada atípica, uma vez que, na semana da coleta de dados, foi realizada uma atividade de varrição geral inédita em torno do edifício. Na média da Escola, a varrição representa em torno de 8% do total de resíduos sólidos gerados. Ainda assim, os resíduos de varrição estariam entre os três mais significativos do Edifício, juntamente com papel e os não-recicláveis. A contribuição de cada classe de resíduos no edifício e no restaurante pode ser verificada na Ilustração 4 e Ilustração 5, respectivamente.



despejo de uma grande quantidade de material, dobrando a disponibilidade na Escola. As cicléias destinam-se à coleta apenas de material reciclável segregado em plásticos, metais, papéis, vidros e outros (embalagens do tipo longa-vida e isopor). De acordo com o Programa, 95% do material foi depositado de forma correta, ou seja, foi pequena a presença de não recicláveis.

6.1.2 Resíduos Perigosos

Por demandarem métodos mais específicos de gestão, desde armazenamento, coleta, tratamento, transporte e disposição final, e por serem potencialmente tóxicos, os resíduos perigosos devem ser considerados com especial cuidado. Além da coleta dos resíduos comuns recicláveis, no começo do semestre foram instalados, também pelo Poli USP Recicla, coletores de pilhas e baterias usadas em todos os prédios da Poli, inclusive no Edifício Paula Souza. No primeiro mês de implantação, o Programa recolheu o equivalente à disposição de 30kg por semana, média esta que diminuiu, de acordo com a segunda verificação, porém reflete ainda a consciência da comunidade da importância do Programa. As pilhas e baterias são encaminhadas a uma empresa especializada e licenciada, para descontaminação e descarte.

Em relação às lâmpadas fluorescentes, apesar do Serviço de Manutenção e Obras da Poli (SVMANOB) contar com um serviço de descontaminação, o Diagnóstico realizado em 2006 detectou uma falha neste processo, pois se constatou que parte das lâmpadas acabava em locais inadequados e não era destinada ao tratamento. Para solucionar este problema, o Programa Poli USP Recicla fez uma parceria com o SVMANOB com o objetivo de garantir que as lâmpadas fluorescentes recebessem tratamento de descontaminação antes de serem descartadas. Em 2007, foi implantado o "Sistema de Gestão de Lâmpadas Usadas", que teve resultados positivos divulgados já em fevereiro de 2008: o número de lâmpadas usadas que passaram por tratamento superou o número de lâmpadas novas requisitadas no serviço de almoxarifado.

O Edifício Paula Souza conta com laboratórios dos quatro departamentos nele instalados (PCC, PHD, PEF e PTR) que geram os mais variados tipos de resíduos. Entre os resíduos perigosos, poucos têm algum tipo de tratamento, conforme divulgado pelo Diagnóstico. Além da dificuldade por parte dos funcionários em distinguir resíduos perigosos, estes são gerados em pequenos volumes, o que dificulta a gestão e a percepção por parte não só dos funcionários, com também dos próprios usuários dos laboratórios. O Programa propõe a criação do planejamento da gestão dos resíduos perigosos, para além



6.2 ÁGUA

Em relação à problemática da água no Edifício Paula Souza, os temas que serão abordados nesse trabalho são o consumo de água potável no edifício e o escoamento de água pluvial no terreno onde o edifício está inserido.

6.2.1 Consumo de água potável

De acordo com uma prévia análise do grupo, os dados considerados necessários para a análise do consumo de água potável do edifício e embasamento para formulação de alternativas de solução são:

- Análise do sistema hidráulico;
- Tipologia de uso de água;
- Dados referentes ao consumo real de água.

Para a obtenção destes, foi feita uma análise do Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo (PURA-USP) e um levantamento de dados no local.

PURA-USP

O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo, criado em 1995, é um programa que visa à redução do consumo de água na Universidade de São Paulo.

Ele surgiu por meio de um convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), o Laboratório de Sistemas Prediais do Departamento de Construção Civil (LSP/PCC), a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

O PURA foi viabilizado criando-se um fundo destinado às intervenções do programa. Portanto, a Sabesp concedeu um desconto nas faturas e contas de água mensais da Universidade. Por outro lado, a USP teve como missão implantar medidas para atingir uma economia de água efetiva e desenvolver uma metodologia de aplicação do programa em outras situações similares futuras.

O PURA-USP é dividido em seis macroprogramas, cujos desenvolvimentos ocorrem em paralelo.

O Programa 1 - Banco de Dados de Tecnologia, Documentação Técnica e Estudo de Caso abrange a etapa de levantamento de dados necessários para o estudo de



- **Etapa 3: Redução de consumo nos equipamentos**

Para obter uma redução de água mais expressiva, o objetivo dessa etapa era a substituição dos equipamentos hidrossanitários convencionais por modelos economizadores, como: torneiras hidromecânicas de fechamento automático com arejador e regulador de vazão, torneiras eletrônicas com sensor de presença, válvulas hidromecânicas de fechamento automático para mictórios e duchas, bacias sanitárias com volume de descarga reduzido (6 litros) e torneiras para copas/cozinhas com bica móvel, arejador e acionamento por alavanca, e regular ou substituir os comandos hidráulicos que estavam comprometidos, como válvulas de descarga e registros.

- **Etapa 4: Caracterização de hábitos e racionalização das atividades que consomem água**

Nessa etapa, o objetivo era a adoção de procedimentos mais eficientes em cozinhas, na limpeza e em laboratórios e foi promovido o reuso de água de processo, em destiladores e na refrigeração, sem comprometer o seu uso.

- **Etapa 5: Campanhas educativas e treinamentos**

Essa etapa compreende a comunicação em caráter informativo da importância do programa, por meio de cartazes, palestras, reportagens e textos e os treinamentos realizados à equipe de manutenção. Além disso, conta com uma pesquisa feita com os usuários sobre “Condições de Operação e Manutenção”.

Pesquisa de campo

No dia 09 de setembro foi realizada uma visita ao Edifício Paula Souza para a obtenção de dados e informações referentes às instalações prediais e ao uso da água.

Foi constatado que, de acordo com o relatório do PURA-USP, foram instalados dispositivos economizadores de água, como torneiras de fechamento automático (vide

Imagem 4), bacias sanitárias de volume reduzido (6 litros), válvulas de fechamento automático para mictórios e mictórios secos.

Porém, foi observado que não há um padrão específico de louças e metais sanitários em todos os sanitários do edifício. O sanitário localizado no segundo andar, ala leste (considerando que a entrada principal é a ala norte), por exemplo, ainda dispõe de bacia sanitária de volume de 15 litros. Além disso, os tubos das instalações hidráulicas dessa ala não são embutidos, conforme observado na Imagem 5. Portanto, estão sujeitos a atos de vandalismo.



Usuários	Quantidade	Parcela
Homens	778	70%
Mulheres	334	30%
Total	1112	

Quadro 6 - População do Edifício de acordo com o sexo

Dispositivo	Tipo	Consumo de água (litros por acionamento)	Quantidade de uso por pessoa por dia		Quantidade no edifício
			Mulher	Homem	
Bacia sanitária	Convencional 1	6	3	1	40%
	Convencional 2	15			60%
Mictório	Comum	3,8	0	2	40%
	Com fechamento automático	1,8			40%
	Com sensor	1			0%
	Seco	0			20%

Quadro 7 - Consumo de água em bacias sanitárias e mictórios

Dispositivo	Tipo	Consumo de água (litros por minuto)	Duração do uso (segundos)	Quantidade de uso por pessoa por dia	Quantidade no edifício
Lavatório	Convencional	8	15	3	10%
	Com arejador	6	15		0%
	Com fechamento automático	6	12		90%
	Com sensor	6	8		0%
Torneira Copa	Convencional	8	15	1	10%
	Com arejador	6	15		90%
	Com fechamento automático	6	12		0%
	Com sensor	6	8		0%

Quadro 8 - Consumo de água nos lavatórios e torneiras da copa

O Quadro 9 exibe os resultados da estimativa através da metodologia fornecida pelo LEED, também representados na Ilustração 6.



Discriminação	Unidades	Valores	Origem	Resultados (m³/dia)
Escolas e Serviços Educacionais		615	Dziegielewski, et al. 1993	27,7
Escolas e Universidades	Litros / dia / empregado	210	Army Institute for Water Resources, 1987	9,5
Universidades		477	Dziegielewski, et al. 1993	21,5

Quadro 10 - Valores médios de consumo de água por atividade

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2000.

Na sequência, as Ilustrações exibem mais uma contribuição do acervo pesquisado por Plínio Tomaz: os resultados de uma pesquisa apresentada pela AWWA (American Water Works Association), em 1995, que revelou estudos de 1991, em Denver, Colorado, Estados Unidos, nos quais foram verificados os consumos de água de cinco escolas e universidades (vide Ilustração 7) e de três restaurantes (vide Ilustração 8) da região. (Tomaz, 2000). A partir da análise dos gráficos, podem-se identificar os principais usos da água em restaurantes e universidades, sendo possível, assim, estabelecer prioridades na forma de atuação para otimizar o consumo deste recurso natural, considerando, obviamente, as diferenças entre a realidade brasileira e a norte-americana.

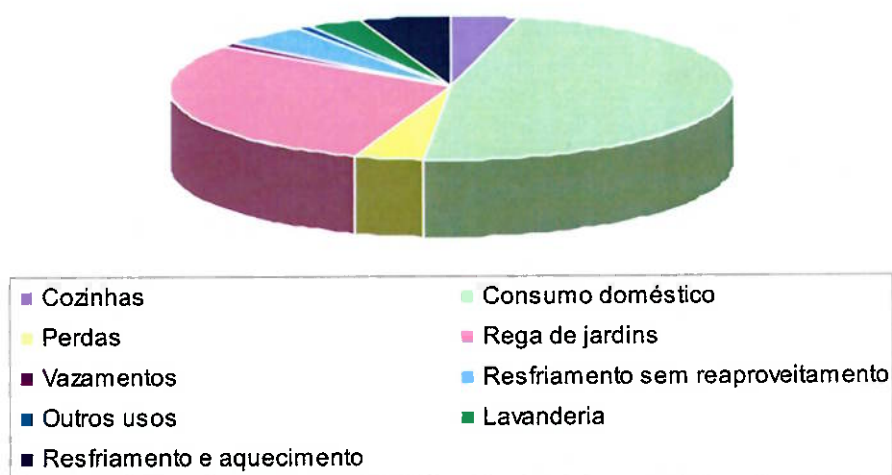


Ilustração 7 - Desagregação do consumo de água em universidade

Fonte: AWWA, 1995 (extraído de Tomaz, 2000).



Consumo (m³/mês)	Jan/jun 02	Jul/dez 02	Jan/jun 03	Jul/dez 03	Jan/jun 04	Jul/dez 04	Jan/jun 05	Jul/dez 05
FFLCH	3387	3310	3181	2978	2293	2297	2329	1885
FCF	119	109	114	183	153	131	160	115
FEA	1902	1784	1978	1676	1615	1498	1951	1715
ICB	4261	4486	4662	4302	3838	3387	3958	3172
IQ	8062	8093	8819	11067	9838	99438	9438	5477
HU	15762	17117	16566	12008	11686	11188	11188	11408
CCE	325	242	275	279	259	370	370	389
TOTAL FASE 1	44150	46889	45586	42583	41474	40513	40513	36838

Quadro 12 - Consumo de água por unidade no intervalo de Janeiro/02 a Dezembro/05

Fonte: Relatório PURA-USP, 2006 (adaptado)

Como, no relatório, não foi apresentado o consumo de água do Edifício Paula Souza discriminado do consumo da Escola Politécnica, ele é calculado nesse estudo de acordo com a percentagem que a população da Engenharia Civil representa no total da escola. Considerando 1.112 usuários equivalentes do Edifício Paula Souza, sendo 5.968 o número total estimado para a Escola Politécnica, e os valores das tabelas anteriores, estima-se o consumo de água para a Engenharia Civil para os dois períodos divulgados pelo PURA (vide Quadro 13 e Quadro 14).

Consumo (m³/mês)	Ago/dez 98	Jan/jun 99	Jul/dez 99	Jan/jun 00	Jul/dez 00	Jan/jun 01	Jul/dez 01
EP (inclui DAEE)	17.404,0	14.858,0	11.946,0	13.125,0	12.178,0	11.849,0	10.794,0
Eng Civil	3.242,4	2.768,1	2.225,5	2.445,2	2.268,8	2.207,5	2.010,9

Quadro 13 - Consumo de água estimado do Edifício Paula Souza para o intervalo de Agosto/98 a Dezembro/01

Consumo (m³/mês)	Jan/jun 02	Jul/dez 02	Jan/jun 03	Jul/dez 03	Jan/jun 04	Jul/dez 04	Jan/jun 05	Jul/dez 05
EP (inclui DAEE)	10.333,0	11.749,0	9.991,0	10.091,0	11.794,0	10.922,0	11.119,0	12.678,0
Eng Civil	1.925,0	2.188,8	1.861,3	1.880,0	2.197,2	2.034,8	2.071,5	2.361,9

Quadro 14 - Consumo de água estimado do Edifício Paula Souza para o intervalo de Janeiro/02 a Dezembro/05

Valores Medidos

Posteriormente à análise dos valores divulgados pelo programa PURE no relatório de 2005, foram obtidos, através do contato direto com membros do programa, dados



Histórico do Consumo do Edifício da Engenharia Civil

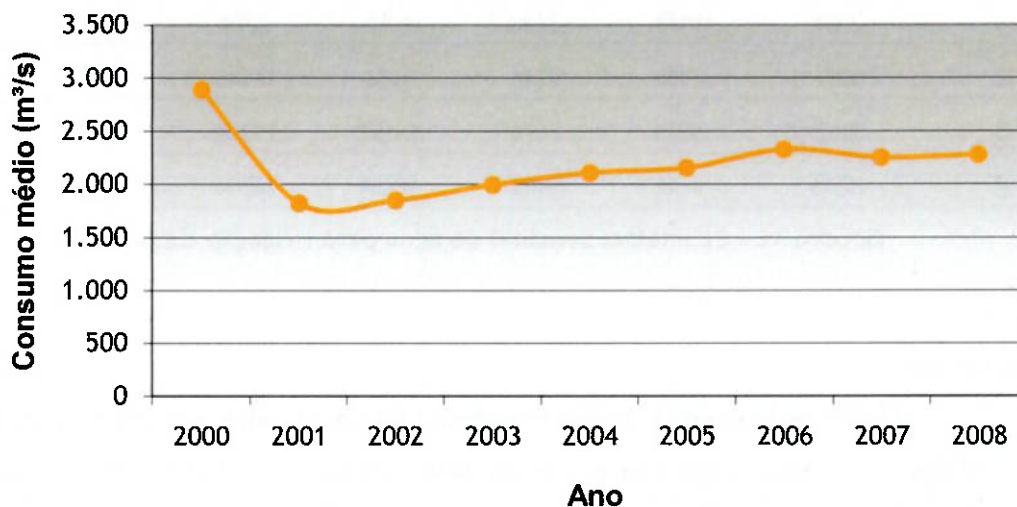


Ilustração 9 - Histórico do Consumo de Água do Edifício Paula Souza

Fonte: PURA-USP, 2008 (adaptado)

6.2.2 Escoamento de água pluvial

Para o estudo do escoamento pluvial do local, é necessário analisar as características do terreno atual, como a taxa de impermeabilidade, já que quanto maior a área permeável, maior é a capacidade de absorção da água de chuva e menores são tanto o volume quanto a vazão do escoamento superficial. Além disso, serão necessários os dados sobre a intensidade, duração e frequência de uma chuva na cidade de São Paulo, para que seja estimado o valor de água pluvial que é descartada no sistema de drenagem urbana e de coleta.

Consumo de água para irrigação

A estimativa de consumo de água para irrigação foi feita de acordo com um estudo realizado pela norte-americana Amy Vickers e que está presente em *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis*, do Engenheiro Plínio Tomaz. A quantidade de água necessária para irrigação por semana de acordo com a área verde está demonstrada no Quadro 16.

Quantidade de água irrigada por semana		Volume semanal em litros de água de irrigação para jardins conforme a área de jardim					
Polegadas	Centímetros	50 m ²	100 m ²	200 m ²	300 m ²	400 m ²	500 m ²
0,5	1,27	590	1179	2358	3537	4716	5895



De acordo com estimativas, a área do terreno tem aproximadamente 38.456 m², sendo que 19.440 m² correspondem à laje impermeabilizada e 18.516 m² a gramados. Portanto, a estimativa do consumo de água para irrigação da área verde do Edifício Paula Souza, considerando uma rega de jardim de uma polegada por semana, resulta num consumo de aproximadamente 435 m³/semana.

Taxa de Permeabilidade

Para o cálculo do volume e da vazão do escoamento de água pluvial no terreno conforme o LEED, foi utilizada a equação de intensidade - duração - frequência (IDF) da região (para uma chuva de 24 horas com tempo de retorno de dois anos) e os dados referentes às características do terreno.

As equações IDF são usualmente utilizadas para dimensionamento de obras hidráulicas e são deduzidas a partir de observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo longo, suficientemente grande para que seja possível considerar as frequências como probabilidades (MARTINEZ JR.; MAGNI, 1999).

A equação utilizada foi a de Martinez e Magni (1999) para a cidade de São Paulo, já que 10 minutos < t ≤ 1440 minutos.

$$i_{t,T} = 39,3015(t + 20)^{-0,9228} + 10,1767(t + 20)^{-0,8764} \cdot [-3,098 - 5,65 \ln \ln(T / T - 1)]$$

Onde:

- i = intensidade (mm/h);
- T = tempo de retorno (anos);
- t = duração (min).

Portanto, para uma chuva de 24 horas com tempo de retorno de dois anos, chega-se a uma intensidade de chuva de 2,67 mm/h.

Para obter o volume e a vazão da água de escoamento, foram utilizados os coeficientes de escoamento fornecidos pelo LEED. Esses coeficientes estão relacionados com a quantidade de água de chuva que escoar na superfície, ou seja, a quantidade de água que não é infiltrada. Eles foram obtidos por meio de estudos realizados nos Estados Unidos e constam no Quadro 17.

Tipo de superfície	Coeficiente de escoamento
Pavimento, asfalto	0,95



De acordo com o Quadro 19, a vazão crítica é de 15,43 m³/min e o volume total é de 1512,10 m³.

Duração [min]	Intensidade [mm/h]	h de chuva acumulado [mm]	Incremento de h [mm]	Hietograma [mm]	Volume [m ³]	Vazão [m ³ /minuto]
60	39,28	39,28	39,28	0,25	5,88	0,10
120	23,40	46,81	7,53	0,28	6,49	0,11
180	16,83	50,48	3,67	0,31	7,25	0,12
240	13,20	52,79	2,32	0,35	8,22	0,14
300	10,89	54,46	1,66	0,40	9,49	0,16
360	9,29	55,74	1,28	0,48	11,23	0,19
420	8,11	56,78	1,04	0,58	13,74	0,23
480	7,21	57,65	0,87	0,75	17,64	0,29
540	6,49	58,40	0,75	1,04	24,50	0,41
600	5,91	59,05	0,66	1,66	39,18	0,65
660	5,42	59,64	0,58	3,67	86,44	1,44
720	5,01	60,16	0,52	39,28	925,90	15,43
780	4,66	60,64	0,48	7,53	177,46	2,96
840	4,36	61,07	0,44	2,32	54,64	0,91
900	4,10	61,48	0,40	1,28	30,24	0,50
960	3,87	61,85	0,37	0,87	20,54	0,34
1020	3,66	62,20	0,35	0,66	15,45	0,26
1080	3,47	62,53	0,33	0,52	12,36	0,21
1140	3,31	62,83	0,31	0,44	10,29	0,17
1200	3,16	63,12	0,29	0,37	8,81	0,15
1260	3,02	63,40	0,28	0,33	7,71	0,13
1320	2,89	63,66	0,26	0,29	6,85	0,11
1380	2,78	63,91	0,25	0,26	6,17	0,10
1440	2,67	64,15	0,24	0,24	5,61	0,09
TOTAL					1512,10	

Quadro 19 - Cálculo do volume e da vazão crítica



6.3 ENERGIA

Para efeito de análise, o consumo de energia elétrica do edifício Paula Souza será dividido entre os seguintes usos finais: iluminação, aparelhos de ar condicionado e outros equipamentos, incluindo computadores e impressoras, levando em conta os diferentes ambientes do prédio, como salas de aula e locais de trabalho de professores e funcionários.

Para a coleta e análise de dados sobre o consumo de energia, foram utilizados dados do Programa de Uso Eficiente de Energia da USP (PURE - USP). Paralelamente, foram realizadas pesquisas de campo, nas quais obteve-se informações para a análise em relação à quantidade de lâmpadas, aparelhos de ar-condicionado e eletrônicos, além do uso final de cada um deles.

6.3.1 PURE - USP

O PURE é o Programa para o Uso Eficiente de Energia na USP, implantado em 1997 a partir de uma iniciativa de professores e pesquisadores do Departamento de Energia e Automação Elétricas (PEA - POLI).

A Cidade Universitária conta com um Sistema de Gerenciamento de Energia (SISGEN), para coleta, análise e monitoração dos dados de consumo em tempo real. A monitoração inclui:

- Demandas ativa, reativa e aparente (armazenando os valores máximos ocorridos);
- Energias ativa, reativa e aparente;
- Fator de Potência (armazenando sua natureza capacitiva ou indutiva bem como valores mínimos ocorridos);
- Tensões de linha e de fase;
- Correntes.

Outras ferramentas de monitoramento também trabalham em conjunto com o SISGEN, como CONTALUZ (levantamento dos gastos com energia elétrica na USP), por exemplo, que visa objetivos econômicos. Para isso, foi criado o programa MULTA ZERO, do qual a meta é não exceder a demanda máxima estipulada, evitando, assim, acréscimos à conta. Esses acréscimos, por sua vez, também podem estar relacionados ao excesso de reativos e atrasos de pagamentos, que também receberam um plano de ação mitigador.



Esses valores foram comparados com as densidades de potência padrão, para cada área, fornecidas pela norma norte-americana ASHRAE Standard 90.1-2004, capítulo 9. Esta norma foi utilizada, já que não há nenhuma brasileira específica para densidade de potência.

Primeiramente, foram escolhidos diferentes locais do edifício a serem analisados: salas de aula (antiga e reformada), sanitários (antigos e reformados), biblioteca, laboratório, corredor, copiadora, secretaria, sala de professor, etc. Eles foram classificados de acordo com as categorias fornecidas pela ASHRAE. A partir da classificação, tem-se uma densidade de potência permitida por tipo de área, que é utilizada para calcular o total de potência permitida pela norma.

As plantas gerais do Edifício Paula Souza foram disponibilizadas pelo Professor Doutor Mário Thadeu Leme de Barros e a planta do departamento de PHD foi disponibilizada pela Arquiteta Ângela Zahed, responsável pela reforma do local. As áreas em estudo foram calculadas a partir do programa AUTOCAD.

$$P_p = D_p \cdot A$$

Onde:

- P_p = Potência permitida pela ASHRAE (W)
- D_p = Densidade permitida pela ASHRAE (W/m²)
- A = Área (m²)

Os valores de P_p obtidos foram comparados com a potência total das lâmpadas e reatores existentes nos locais estudados.

$$P_R = \sum l \cdot P_l + \sum r \cdot P_r$$

Onde:

- P_R = Potência real da área (W)
- l = número de lâmpadas
- P_l = Potência de cada lâmpada (W)
- r = número de reatores
- P_r = Potência de cada reator (W)



Imagem 8 - Lâmpada fluorescente 32W, hall de entrada do prédio



Imagem 9 - Lâmpadas fluorescentes 16W, sala de aula



7 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS E NECESSIDADES

7.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Lentamente, o Programa Poli USP Recicla vem diagnosticando e resolvendo as questões pertinentes em relação à gestão dos resíduos sólidos. É preciso, no entanto, que haja continuidade nas medidas implantadas e que se tomem tangíveis aos problemas remanescentes. Por exemplo, apesar das cicléias instaladas na Escola, nota-se ainda uma carência em relação a coletores de menor porte. Não se encontra em parte alguma do edifício lixeiras destinadas à coleta seletiva, apenas lixeiras comuns, onde todo o tipo de material é depositado. Sendo assim, não está claro de que forma os usuários podem efetuar a segregação dos resíduos, podendo apenas ser percebida em maior escala.

É notável também a falta de interesse da comunidade politécnica. Não se pode deixar a cargo do Programa todas as responsabilidades da gestão de resíduos, uma vez que sua atuação é limitada e depende, principalmente, dos geradores. A questão da incorreta destinação dos resíduos laboratoriais, por exemplo, não pode ser justificada pelo fato de o Inventário ainda não estar concluído. Ou seja, cabe também a cada edifício a iniciativa da busca por alternativas que atendam à legislação e à prática correta da gestão dos resíduos, sendo inclusive mais simples resolver os problemas em menor escala. A gestão na Engenharia Química poderia servir como modelo, uma vez que, visando à implantação da certificação ISO 14.000, obedece aos mais rigorosos padrões de segregação, armazenamento e descarte de resíduos sólidos.

Problemas remanescentes diagnosticados pelo Programa merecem destaque, como a sucata eletrônica, a questão do entulho e os resíduos laboratoriais, já mencionados. Ainda que medidas venham a ser tomadas pela comissão do Programa, não se pode analisar a questão dos resíduos no Edifício Paula Souza apenas no aspecto da destinação, deve-se atentar também à geração dos mesmos, visando à prática mais sustentável das atividades.

7.2 ÁGUA

Durante o período de levantamento de dados feito no edifício, foram constatados alguns problemas como a falta de manutenção dos sistemas hidráulicos, o que acarreta em vazamentos, mau funcionamento dos equipamentos e desperdícios. Além dos vazamentos visíveis, onde canos expostos com a ação do tempo sofreram fraturas,



7.3 ENERGIA

Durante a visita feita ao prédio para a coleta de dados, percebeu-se um problema em comum ao consumo de água: a falta de manutenção. Além da iluminação muitas vezes falha (vide Imagem 10) que, em uma universidade, é um obstáculo para a aprendizagem em ambiente adequado, há também a pouca luminosidade que uma lâmpada defeituosa pode provocar, resultando em ineficiência do mesmo. Não só as lâmpadas como também dispositivos de acionamento de iluminação precisam de manutenções preventivas, como é o caso de alguns sanitários e salas.



Imagem 10 - Lâmpadas compactas: com alta luminosidade (parte superior), baixa luminosidade e nenhuma (queimadas), sanitário da ala leste do andar superior

Os dispositivos automáticos, apesar da necessidade de manutenção já citada, são uma boa solução para o desperdício do consumo de energia, já que foram observadas muitas áreas comuns com lâmpadas acesas, sem que nenhum usuário estivesse utilizando. Esse desperdício também indica falhas na divulgação do PURE, pois o uso racional de energia não foi reforçado em uma população com alta rotatividade.

Existe, ainda, uma falha de gerenciamento nos equipamentos eletrônicos, sendo constatada a existência de, aproximadamente, uma impressora por sala de professor, fator desnecessário e que consome energia e verbas públicas. Tal situação é agravada haja vista a quantidade de máquinas e a manutenção periódica que cada uma necessita.



9 FORMULAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A formulação de alternativas para os problemas apresentados leva em conta não só a importância das ações pontuais relacionadas a cada necessidade, mas considera também o aspecto indispensável do planejamento e adoção de medidas conjuntas, que visem a ampla manutenção e monitoramento dos sistemas instalados. Uma vez introduzida uma alteração nos processos e padrões de gestão ambiental num espaço, é necessário que sejam definidas as responsabilidades de acompanhamento para, além de garantir a eficácia do desempenho ambiental, dar subsídios à proposição de medidas adicionais ou de aperfeiçoamento, aprimorando os resultados alcançados.

Complementar às atividades de acompanhamento e manutenção, o desenvolvimento de um sistema de informações, seja isolado ou em conjunto com outras unidades da Escola ou Universidade, através de programas como PURA, PURE e (Poli) USP Recicla, surge como uma necessidade fundamental para diagnósticos futuros. A padronização do armazenamento de dados de entrada facilita as interpretações e análise de tendências e permite a criação de um planejamento ambiental integrado.

Ainda que a intenção seja criar mecanismos de melhoria do desempenho ambiental do Edifício que independam de seus usuários, não se pode ignorar a influência do comportamento humano aos resultados obtidos. Efeitos como vandalismo e desperdício são exemplos de como os usuários podem comprometer o sucesso do planejamento que deve, portanto, englobar medidas de integração dos usuários ao sistema.

9.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Deve-se considerar que toda alternativa relacionada a este aspecto se soma às ações desenvolvidas pelo Programa POLI USP Recicla. Este, além das atividades em andamento, já apresenta estudos em elaboração para resolver algumas questões ainda pendentes, como é o caso do Inventário de Resíduos Laboratoriais. Cabe à administração do Edifício Paula Souza, então, trabalhar em parceria com o Programa, desenvolvendo medidas complementares, como, por exemplo, focar a questão da geração dos resíduos sólidos, que foge à concepção do Programa.

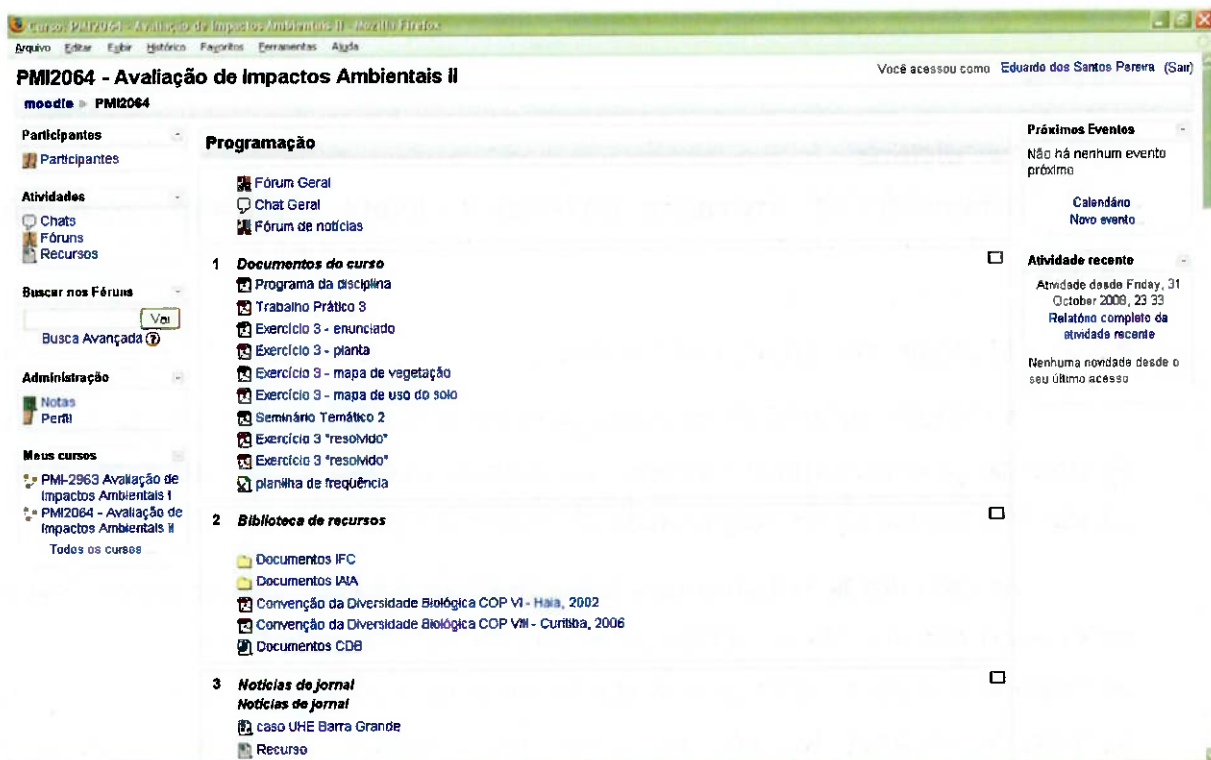


Ilustração 11 - Interface do software Moodle

Comunicação digital

Divulgação de informações, como oportunidades de estágio, palestras, aulas, notas e avisos em geral, através de meio digital, como sites e e-mail. Porém, não sendo estes considerados, por lei, mecanismos oficiais de comunicação ou, ainda, quando da impossibilidade da divulgação via internet em tempo hábil, pode-se recorrer à utilização de painéis digitais, visando substituir os murais convencionais espalhados pelo edifício, como exemplifica a Imagem 11.



Imagem 11 - Exemplos de utilização de mídia digital

Fonte: Revista Imprensa, 2008.

Reutilização

Disposição de caixas com folhas de papel rascunho (ou seja, apenas com um de seus lados utilizado) na pró-aluno, biblioteca, departamentos e salas de estudos e



asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.; comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha”.

Antes de tudo, deve-se priorizar a não geração de resíduos e, se for o caso, a destinação adequada. Para a redução nas fontes geradoras, é necessário que se desenvolva um projeto adequado, inserido num plano de gestão integrada de resíduos sólidos da Escola. Nele podem ser contempladas estratégias que otimizem o consumo de materiais (GRIMBERG & BLAUTH, 1998), evitando o desperdício, e incentivem o monitoramento das atividades propostas, uma vez que as responsabilidades sejam bem definidas.

Em relação ao seu armazenamento, o aluguel de caçambas de empresas privadas que se responsabilizem pela disposição dos mesmos é uma alternativa, desde que se exija uma comprovação da correta destinação deste material. As caçambas devem ser devidamente identificadas e controladas, através de um monitoramento de seu conteúdo, frequência de coleta e destinação.

Ainda em relação à questão do descarte dos RCCD, a regulamentação estabelece que os mesmos devem ser identificados e quantificados, passar por uma triagem e ser confinados, desde sua geração até o transporte, sendo encaminhados à reciclagem ou reutilização sempre que possível, ou ainda, enviados a um terreno licenciado pela prefeitura. (*site USP Recicla*)

Quanto à reciclagem dos resíduos da construção civil, professores do PCC, departamento situado no próprio Edifício Paula Souza, são responsáveis por uma pesquisa pioneira no país sobre o reaproveitamento desses resíduos, abordando aspectos mais técnicos dessa prática que reflete uma alternativa de baixo custo e condizente com as premissas ambientais atuais. Em relação à gestão, a reciclagem e o reuso podem ser incentivados através de centrais de empréstimo ou reaproveitamento.

Lixo eletrônico (sucata eletrônica)

Para uma redução na fonte geradora do lixo eletrônico, deve-se optar por materiais e equipamentos com vida útil prolongada e, ainda, em relação a computadores, é aconselhável que seu sistema permita atualizações constantes, uma vez que versões evoluídas de *softwares* e *hardwares* são disponibilizadas frequentemente. Deve-se rever a necessidade do consumo de materiais, como mídias, e do armazenamento de dados, por exemplo, visando à minimização do descarte de CDs e DVDs, além da reavaliação das impressões, com o objetivo de reduzir o consumo de cartuchos e *toners*.



eventualmente, a elaboração de um plano de gestão de sucata eletrônica para toda a Escola.

Resíduos de laboratório

A maneira mais fácil e eficaz de se otimizar a gestão de resíduos é a adequada identificação e segregação, especialmente em casos de resíduos perigosos. Deve-se quantificar os resíduos gerados em relação à sua composição para se promover o desenvolvimento de um plano de gerenciamento de resíduos laboratoriais. Estudo equivalente está sendo preparado pela comissão do Programa Poli USP Recicla e deve estabelecer estratégias e ações visando à criação de um plano integrado para a Escola.

Paralelamente ao Inventário que está sendo desenvolvido e que dará subsídios ao eventual plano integrado, é de responsabilidade da direção do Edifício Paula Souza zelar pela gestão de seus resíduos, principalmente em relação aos processos de disposição, visto que não há nenhum planejamento que vise à adequação do descarte das substâncias perigosas utilizadas em laboratórios. Devido às características peculiares, os resíduos perigosos apresentam padrões diferenciados de segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final, o que exige um maior esforço em treinamentos de funcionários e requer também um controle mais rígido quanto a seu descarte, que deve ser feito através de organização devidamente qualificada.

9.2 ÁGUA

Para uma maior redução no consumo de água potável no Edifício Paula Souza, foram analisadas alternativas para complementar as ações já incorporadas no Edifício Paula Souza pelo Programa de Uso Racional da Água da USP. Além disso, também foram avaliadas questões referentes à temas não abordados pelo Programa, como irrigação e aproveitamento de águas pluviais.

9.2.1 Manutenção de vazamentos

A idade do Edifício Paula Souza e também a visível falta de manutenção tornam o problema de fácil percepção. A próxima etapa seria, então, a localização exata dos pontos de falha e, assim, a elaboração de alternativas.

Os vazamentos devem ser divididos entre os visíveis e os invisíveis (GONÇALVES, 2000):



- Atender às recomendações dos fabricantes;
- Utilizar peças de reposição da mesma marca e modelo;
- Não fazer reparos ou emendas com produtos de baixa qualidade e/ou ferramentas inadequadas.

9.2.2 Programa de monitoramento: Hidrômetros por tipo de uso

A instalação de hidrômetros separados para tipo de uso já foi recomendado, pois além de detectar mais fácil os vazamentos, também ajuda a monitorar e traçar um perfil do consumo do prédio, possibilitando a criação de programas mais focados a cada tipo de consumo e o monitoramento dos mesmos.



Imagem 12 - Hidrômetro individual para edifícios antigos

Fonte: ANA, 2008.

O acompanhamento do consumo de energia já é adotado pela própria Cidade Universitária com seu sistema de comunicação computador/hidrômetro junto a um programa eletrônico específico para o gerenciamento de consumo (PURA-USP, 2005), portanto o método já existe, podendo se estender ao campo de medidores individuais por tipo de uso da água.

9.2.3 Dispositivos hidro-sanitários mais eficientes

As bacias sanitárias e válvulas de descarga comumente são foco de projetos de racionalização de consumo de água, devido à grande parcela no consumo de água potável



Imagem 13 - Torneira eletrônica para lavatório



Imagem 14 - Torneira de embutir



Imagem 15 - Mictório com sensor e regulador de vazão



Imagem 16 - Modelo eletrônico com sistema de descarga *dual flush* - duas opções de volume: 2,8 ou 1,5 litros por acionamento



Imagem 17 - Opção de comando de descarga com diferentes vazões



Imagem 18 - Regulador de vazão



ela é aplicada através do ar, mas bem próximo ao solo. Esses sistemas exigem um elevado custo para implantação.



Imagem 19 - Sistema de irrigação por gotejamento

Fonte: *website* Gramadora gramados



Imagem 20 - Sistema de irrigação por microaspersão

Fonte: *website* Gramadora gramados

Irrigação por aspersão

Nesse sistema, a irrigação é feita por meio de jatos de água lançados ao ar que caem sobre a área vegetada na forma de chuva. Requer menor investimento para sua implantação.



Além de proporcionar economia de água potável, o aproveitamento de águas pluviais contribui para a prevenção de enchentes causadas por chuvas torrenciais em grandes cidades, onde a maior parte da superfície é impermeável e impede a infiltração da água. Porém, apesar de ser uma alternativa economicamente viável e ambientalmente correta, ela não deve ser implementada de forma irresponsável, já que diversos estudos demonstram a presença de diversos poluentes na água de chuva.

Em 2007, foi elaborada a norma NBR 15527 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fornece requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Ela se aplica para casos onde as águas de chuva, após um tratamento adequado, podem ser utilizadas em descargas de bacias sanitárias, mictórios, irrigação, lavagem de veículos e pisos, espelhos d'água, usos industriais, entre outros. Os assuntos abordados pela norma são a concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva, as calhas e condutores, os reservatórios, as instalações prediais, a qualidade da água, o bombeamento e a manutenção.

Estudo de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no Edifício Paula Souza:

Uso das águas pluviais

De acordo com a norma NBR 15527, o aproveitamento de águas pluviais deve ser para fins não potáveis, devido a grande quantidade de poluentes presentes nessas águas, principalmente em grandes centros urbanos, como a cidade de São Paulo.

Para o edifício Paula Souza, será avaliada a viabilidade de uso de águas de chuva para irrigação e nas bacias sanitárias e mictórios.

Previsão de demanda

Para a previsão de demanda de água para bacias sanitárias e mictórios, foram usados os resultados do estudo sobre o consumo de água de acordo com o LEED, já que ele discrimina o consumo conforme o uso. Os cálculos para chegar a esses valores, apresentados no Quadro 22, constam no item 6.2.1.3 desse trabalho.

Dispositivo	Consumo de água (litros/dia)
Bacia sanitária	18.417,12
Mictório	3.487,23

Quadro 22 - Previsão de demanda de água para bacias sanitárias e mictórios



O Engenheiro Civil Plínio Tomaz menciona em seu livro, *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis*, que a qualidade da água de chuva deve ser analisada em quatro etapas:

- Antes de atingir o solo;
 - Após escorrer pela cobertura;
 - Dentro do reservatório;
 - No ponto de uso.
-
- **Antes de atingir o solo**

A qualidade da água pluvial nessa etapa varia de acordo com diversos fatores, tais como a localização geográfica, as condições meteorológicas, a presença ou ausência de vegetação e de carga poluidora. Em centros urbanos e pólos industriais, como na cidade de São Paulo, por exemplo, são encontrados na atmosfera poluentes como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), entre outros. A presença de alguns desses compostos causa o efeito de *chuva ácida*, isto é, quando a água da chuva tem pH menor que 5,6.

- **Após escorrer pela cobertura**

A qualidade da água pluvial é alterada nessa etapa devido a presença de contaminantes nas superfícies de cobertura, como fezes de animais, poeiras, folhas de árvores, entre outros. Portanto, para a garantia de uma melhor qualidade da água, recomenda-se que o escoamento inicial (*first flush*) da água de chuva seja descartada (2mm da precipitação inicial, segundo a ABNT), ou seja, não encaminhada para o reservatório.

Os parâmetros mais importantes para a contaminação biológica a serem estudados nessa etapa são os coliformes fecais, devido a presença de fezes de animais, e o gás sulfídrico, que é produzido por bactérias.

- **Dentro do reservatório**

Ao encaminhar a água de chuva para o reservatório, podem ser carregadas consigo materiais pesados presentes na atmosfera e microorganismos presentes na cobertura e no encanamento, que geralmente formam uma pequena camada de lama no fundo do reservatório. Para manter uma melhor qualidade da água no reservatório, deve-se evitar a entrada da luz do sol e, conseqüentemente, o crescimento de algas; garantir



Sistema de aproveitamento de águas pluviais

Os componentes de um sistema de aproveitamento de água de chuva variam de acordo com as características da edificação, como espaço existente para instalação dos equipamentos, do orçamento disponível e do uso pretendido da água.

De acordo com o livro *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis* de Plínio Tomaz, os componentes principais de um sistema de captação de água de chuva são:

- Área de captação: compreende toda a superfície impermeável da cobertura do edifício;
- Calhas e condutores: tubulações e calhas do sistema de drenagem de águas pluviais, que conduzem a água coletada na área de captação para o reservatório. Podem ser de policloreto de vinila (PVC) ou metálicos e devem atender à ABNT NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais;
- *By Pass*: mecanismos utilizados para descartar o escoamento inicial (*first flush*) da água de chuva, que conforme a ABNT, é a água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos;
- Peneiras, grades e grelhas: dispositivos dispostos ao longo da rede de drenagem para remoção dos sólidos grosseiros, como folhas, galhos, entre outros;
- Reservatório: para armazenar a água pluvial captada e suprir a demanda por água não potável do edifício. Deve estar em conformidade com a ABNT NBR 12217 - Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Pode estar apoiado, enterrado ou elevado; e pode ser feito de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc.
- Extravasor: utilizado para impedir transbordamento no reservatório.

Para o tratamento da água, que depende da tipologia de uso da água e a qualidade a ser atingida, podem ser empregados:

- Filtros de areia: responsável pela retenção de grande parte dos contaminantes presentes na água bruta. Pode ser composto por carvão antracitoso e areia ou somente areia.
- Filtro desferrizador: responsável pela remoção de ferro e manganês presente na água bruta. Pode ser composto por zeólitos naturais ou sintéticos.



no Quadro 26. Apesar das taxas de redução de consumo de água para a irrigação serem muito baixas, o volume reduzido de água potável é considerado grande, com redução de 152 m³ no mês de mais crítico de evapotranspiração para o local.

Meses	Chuva [mm]	Área de Coleta [m ²]	Runoff Ponderado	Oferta de Água de chuva [m ³]	Demanda para irrigação	Redução consumo
Janeiro	235	800	0,95	142,9	1746,0	8,2%
Fevereiro	250	800	0,95	152,0	1746,0	8,7%
Março	160	800	0,95	97,3	1746,0	5,6%
Abril	75	800	0,95	45,6	1746,0	2,6%
Maiο	75	800	0,95	45,6	1746,0	2,6%
Junho	50	800	0,95	30,4	1746,0	1,7%
Julho	40	800	0,95	24,3	1746,0	1,4%
Agosto	30	800	0,95	18,2	1746,0	1,0%
Setembro	75	800	0,95	45,6	1746,0	2,6%
Outubro	125	800	0,95	76,0	1746,0	4,4%
Novembro	150	800	0,95	91,2	1746,0	5,2%
Dezembro	200	800	0,95	121,6	1746,0	7,0%

Quadro 26 - Impacto do aproveitamento de águas pluviais para irrigação

▪ Caso 2 - Aproveitamento de águas pluviais para bacias sanitárias e mictórios

Já o caso 2 considera o aproveitamento de águas pluviais para bacias sanitárias e mictórios. Apesar do Quadro 27 apresentar maiores taxas de redução de consumo de água potável mensais, o emprego dessa alternativa é menos viável, já que demanda em uma maior mudança estrutural, com uma alteração da rede hidráulica do edifício.

Meses	Chuva [mm]	Área de Coleta [m ²]	Runoff Ponderado	Oferta de Água de chuva [m ³]	Demanda para bacias e mictórios	Redução consumo
Janeiro	235	800	0,95	142,9	657,1	21,7%
Fevereiro	250	800	0,95	152,0	657,1	23,1%
Março	160	800	0,95	97,3	657,1	14,8%
Abril	75	800	0,95	45,6	657,1	6,9%
Maiο	75	800	0,95	45,6	657,1	6,9%
Junho	50	800	0,95	30,4	657,1	4,6%



9.3.2 Dispositivos automáticos de iluminação

A iluminação das salas de aula, como já demonstrado nesse trabalho, é de suma importância para o aprendizado em uma universidade, por isso há tantas lâmpadas em cada uma das salas. Mas, apesar da implantação de lâmpadas mais eficientes (fluorescentes), é fato que esses modelos, como os convencionais, também precisam de manutenções e consertos e, a fim de se evitar o desperdício. A adoção de dispositivos automáticos de iluminação é uma solução viável já que é utilizado no prédio para os banheiros sanitários e algumas salas, pois caso o usuário esqueça de apagar as luzes, o dispositivo automático faria isso por ele após certo período de espera. O não desperdício de energia aumenta a vida útil das lâmpadas e, conseqüentemente, a economia dos gastos públicos. A Ilustração 13 exibe um exemplo de sensor para acionamento e desligamento automático das lâmpadas.

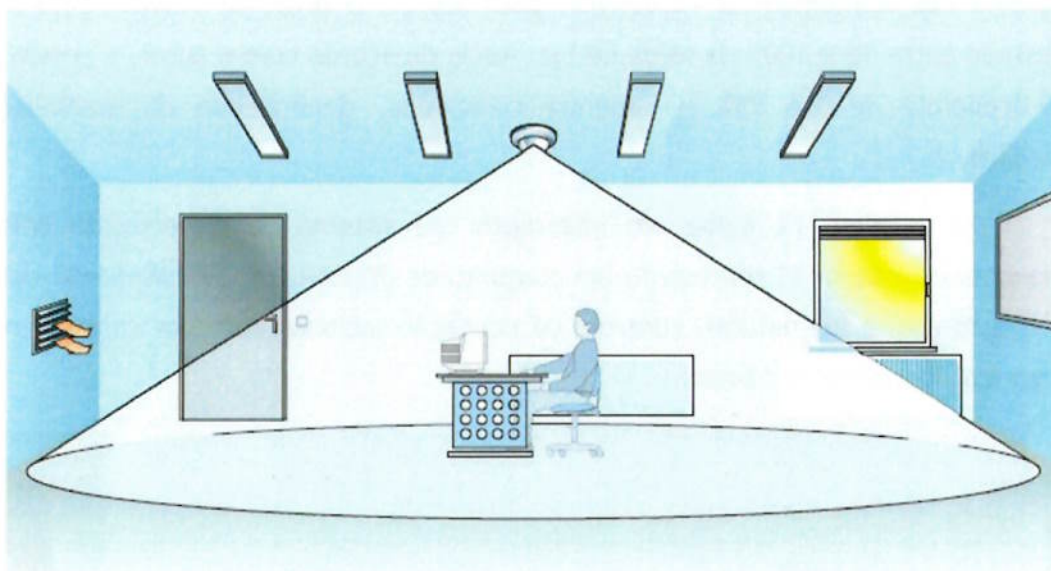


Ilustração 13 - Exemplo de um tipo de dispositivo automático de acionamento de luz
Fonte: KNX, 2008.

9.3.3 Dimerização

A dimerização da iluminação em ambientes consiste simplesmente no controle da intensidade da luz. Essa ferramenta possibilita flexibilidade para desenvolver adequadamente as atividades desejadas e representam uma maior adequação do conforto visual, individual e coletivo. Além disso, como principais vantagens, pode-se destacar a economia de energia e os baixos custos de manutenção (FONTE, 2007).



9.3.4 Conforto Térmico

Sistema Central de ar-condicionado

O sistema central de ar-condicionado normalmente é previsto logo no projeto do empreendimento, porém o prédio Paula Souza tem uma estrutura que facilita a instalação dele, já que a parte superior do edifício conta com disponibilidade de espaço.

Este tipo de sistema tem vantagens no ponto de eficiência, já que é apenas um equipamento e as tubulações podem ser projetadas de modo que diminua a perda de carga nelas, além de facilitar a manutenção e ter um custo operacional menor do que vários aparelhos individuais.

Porém, essa alternativa tem suas desvantagens quando adotada para os departamentos de uma universidade, onde existem salas individuais, fechadas e experimentais. Pois, o sistema central exige pavimentos abertos no local, como é o caso de escritórios separados por baias. Apesar de também ser utilizada em salas fechadas, a regulação das saídas de ar podem não ser eficazes para melhorar o conforto térmico dos usuários, já que para cada indivíduo a sensação térmica confortável é diferente.

O sistema de ar-condicionado no prédio Paula Souza é composto por equipamentos individuais do tipo *split*, os mais adequados para locais com muitas salas individuais, como a dos professores nos departamentos. As salas de aula não possuem ar-condicionado.

Além disso, a demanda pelo ar-condicionado pode ser minimizada com o gerenciamento eficiente do conforto térmico do prédio. Portanto, existem soluções para melhorá-lo com películas, *brises* e plantação de árvores para sombreamento.

Após diminuir o máximo possível a demanda dos equipamentos ar condicionadores, a manutenção e utilização deles deve ser feita de modo cuidadoso e seguindo as instruções do fabricante e visando um melhor aproveitamento do ar frio, como:

- Fechar portas e janelas quando o aparelho estiver ligado e evitar calor excessivo;
- Não colocar obstáculos para a circulação de ar;
- Efetuar limpeza periódica dos filtros (caso os filtros estejam desgastados, diminuem a eficiência);
- Escolher temperatura ambiente, 25°C.



Enquanto as lâmpadas fluorescentes compactas apresentam eficiência energética de até 25% (mínimo de 60 lm/W para o selo PROCEL). Não foi disponibilizada a lista dos reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes tubulares.

Películas

Atualmente, a tecnologia tem avançado muito em materiais para melhorar o ambiente térmico como é o caso das películas para vidros.

No Quadro 29, é analisada uma amostra do produto Window Film Scotchtint da 3M®, onde mostra que o total de calor rejeitado é acima de 70%.

P18ARL	Performance			
				
Redução do Calor Solar	72%	57%	58%	49%
Redução da Perda de Calor	10%	10%	6%	6%
Redução do Ofuscamento	78%	80%	78%	80%
Bloqueio Ultra Violeta	99%	99%	99%	99%
Total de energia solar rejeitada	77%	74%	70%	76%

Quadro 29 - Performance da película P18ARL da 3M

Fonte: 3M, 2008.

Brisas

Um dos principais motivos para o consumo excessivo de energia elétrica para o condicionamento de ar é a grande taxa de incidência de raios solares no interior de um edifício, que em função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos materiais do edifício, representa sempre certo ganho de calor.

O *brise-soleil*, conhecido como quebra-sol, é um tipo de dispositivo arquitetônico de proteção solar. Ele impede a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício, evitando assim uma carga térmica excessiva nessas áreas. Eles são dispostos nas fachadas dos edifícios, verticalmente, horizontalmente, inclinados ou mistos, e podem ser feitos de diversos materiais, como concreto, madeira, alumínio, vidro, entre outros.

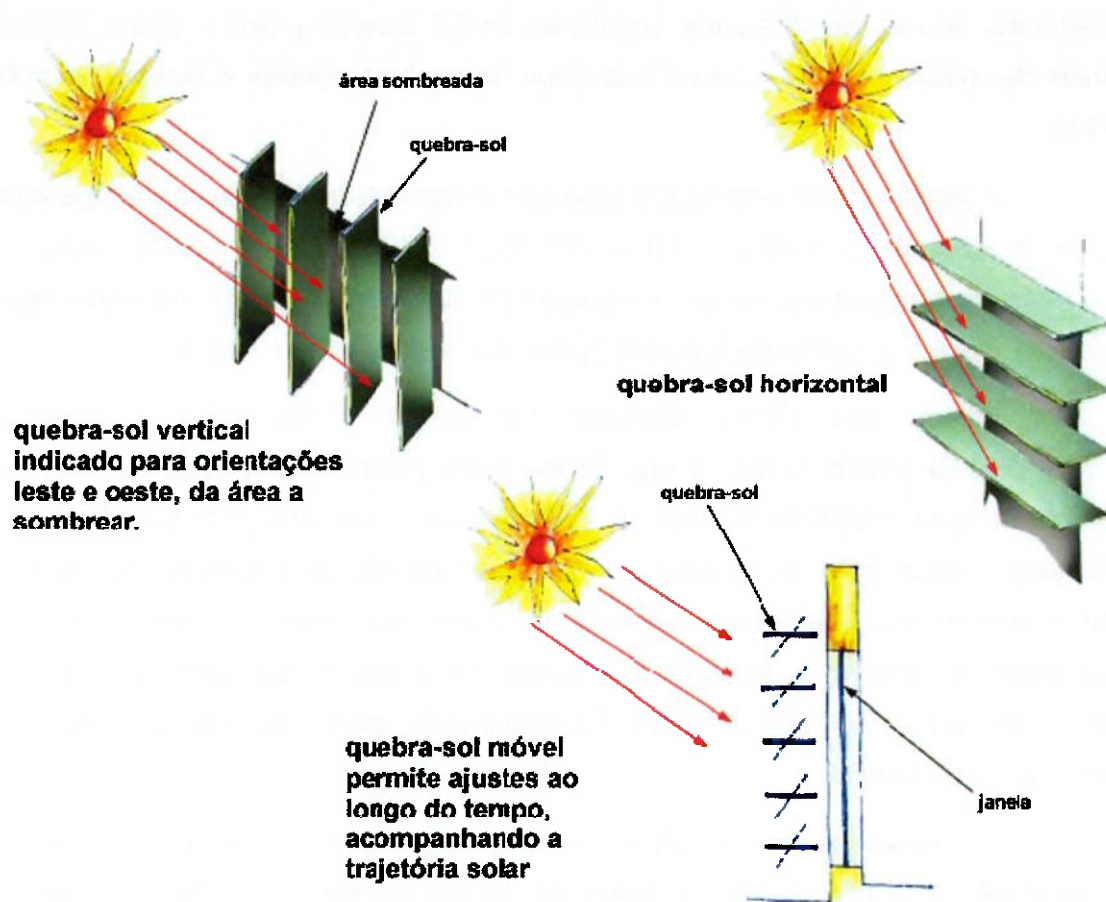


Ilustração 14 - Exemplo de funcionamento de brises

Sua utilização correta baseia-se no estudo da insolação onde será construída a edificação. A carta solar é um tipo de instrumento que auxilia nesse estudo, já que, a partir da trajetória do Sol para uma latitude considerada, é possível analisar a insolação e o sombreamento que ocorrerá nas fachadas de um empreendimento.

Apesar dos benefícios dessa alternativa, um estudo de campo no Edifício Paulo Souza apontou a impossibilidade de adoção dessa alternativa no local, já que a cobertura do prédio vai além das suas colunas de sustentação. Isto é, o emprego de *brises* necessitaria em mudanças estruturais, e, portanto, um grande investimento.

Ampliação de áreas verdes

Outra forma de diminuir a entrada de radiações solares no edifício Paula Souza e, consequentemente, diminuir o consumo de energia com sistemas de refrigeração, é a ampliação de áreas verdes no entorno do edifício. A plantação de árvores para controle de radiação solar é feita sabendo a melhor posição para o cultivo, com a utilização de



para combiná-los (SÁNCHEZ, 2006). Partindo desta metodologia, o procedimento se torna bastante simples e compreensível.

10.1 DEFINIÇÃO DE ATRIBUTOS E ESCALAS

Uma breve síntese de cada atributo encontra-se abaixo:

- **Relevância** (Baixa, Média, Alta): estimativa quali-quantitativa do potencial das alternativas para estabelecer as opções mais promissoras na perspectiva do desenvolvimento sustentável;
- **Custo e dificuldade para implantação** (\$, \$\$, \$\$\$): este atributo estima o grau de investimento necessário para a implantação da alternativa e varia de acordo com as intervenções na estrutura do prédio;
- **Tempo** (Curto e Médio Prazo): reflete todo o intervalo entre a implementação e obtenção dos resultados.

10.2 COMBINAÇÃO DE ATRIBUTOS

Os critérios anteriormente descritos devem servir como base para a classificação das alternativas. Para tanto, as regras de arranjo para distribuí-las de acordo com sua prioridade, ou seja, alta, média ou baixa, foram formuladas abrangendo os critérios apresentados segundo a combinação apresentada no Quadro 30.



Alternativa	Critérios			Prioridade
	Tempo	Custo e dificuldade para implantação	Relevância	
Adequação da gestão de resíduos sólidos: Resíduos de laboratório	Médio Prazo	\$\$	Alta	Média
ÁGUA				
Manutenção de vazamentos	Médio Prazo	\$\$\$	Alta	Média
Programa de monitoramento: Hidrômetros por tipo de uso	Médio Prazo	\$\$	Média	Baixa
Dispositivos hidro-sanitários mais eficientes	Médio Prazo	\$\$\$	Alta	Média
Sistema eficiente de irrigação	Curto Prazo	\$\$	Baixa	Média
Aproveitamento de águas pluviais	Médio Prazo	\$\$\$	Alta	Média
ENERGIA				
Sala para Impressoras	Curto Prazo	\$\$	Baixa	Média
Dispositivos automáticos de iluminação	Curto Prazo	\$\$	Média	Alta
Dimerização	Curto Prazo	\$\$	Média	Alta
Sistema central de ar-condicionado	Médio Prazo	\$\$\$	Alta	Média
Adoção do Selo PROCEL	Médio Prazo	\$	Média	Média
Brises	Médio Prazo	\$\$\$	Média	Baixa
Películas	Curto Prazo	\$\$	Média	Alta
Ampliação de áreas verdes	Médio Prazo	\$\$	Média	Baixa

Quadro 31 - Priorização das alternativas propostas



Percebe-se então que, além da existência de manutenção preventiva periódica, visando à otimização da vida útil do sistema, a utilização de alternativas diversificadas para aumentar a eficiência e diminuir as perdas e, ainda, um sistema de informações entre os usuários, gestores e funcionários, mudar os hábitos da comunidade em relação ao meio ambiente e à sua preservação é fundamental, uma vez que o comprometimento da sociedade à adoção de medidas sustentáveis facilitaria a implantação do projeto. É papel da engenharia, no entanto, criar mecanismos para que essa adequação à gestão sustentável se adapte à dinâmica do Edifício Paula Souza, de modo a equipará-lo ao nível de desenvolvimento ambiental de muitas universidades existentes no mundo.



CPDS (Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional). **Agenda 21 Brasileira: Ações Prioritárias**. Brasília: MMA: PNUD, 2002.

DANIELS, T.; DANIELS, K. **The Environmental Planning Handbook for Sustainable Communities and Regions**. Chicago: Planner Press, 2003.

DE PAULA, Roberta Zakia Rigitano. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**, Campinas, UNICAMP, 2004.

DECA. Disponível em <<http://www.deca.com.br>>, último acesso em novembro de 2008.

EPA (Environmental Protection Agency), **Healthy School Environment Resources**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/>>, último acesso em maio de 2008.

_____. **Reuse + Recycling = Waste Reduction. A Guide for Schools and Groups**. 2003. Disponível em: <<http://www.epa.gov/>>, último acesso em maio de 2008.

FCAV (Fundação Carlos Alberto Vanzolini). **Referencial Técnico de Certificação para Edifícios do setor de serviços (escritórios e edifícios escolares) - Processo AQUA**. São Paulo, versão 0 de 15 de outubro de 2007. Disponível em: <<http://www.geaconstruction.com/>>, último acesso em maio de 2008.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA - Serviço de Produção da Informação, 1998.

FONTE, Amilcar. **Dimerização de Sistemas de Iluminação: Uma maneira inteligente de economizar energia**. 4º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética e Co-geração de Energia, 2007.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FURTADO, Adma Elias. **Simulação e Análise da Utilização da Vegetação como Anteparo às Radiações Solares em uma Edificação** (Dissertação Mestrado em Ciências da Arquitetura) Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, 1994.

GOLÇALVES, O. M. PRADO, R.T.A. ILHA, M.S.O. AMORIM, S. OLIVEIRA, L.H. PETRUCCI, A. L. MARTINS, G.A. PULICI, C. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais**. São Paulo, Ed. Pini, 2000.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. Campina Grande: UFPB, 1999.



MARTINS, Rodrigo. Final feliz para eletrônicos usados. São Paulo: O Estado de São Paulo, 2005. Disponível em <<http://www.link.estadao.com.br>>, último acesso em novembro de 2005.

MAY, S. Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINELLA, A. C. *et al.* Planejamento para gestão de resíduos sólidos da Escola Politécnica da USP. Trabalho de Conclusão de Curso, USP, Graduação em Engenharia Ambiental, São Paulo: 2007.

MORATO, Cynthia. Responsabilidade ambiental - Empresas de TI investem no futuro. Pernambuco: Folha de Pernambuco, maio, 2007, Disponível em <<http://www.folhape.com.br/>> último acesso em novembro de 2008.

NAKAO, O.S. Reforço da estrutura de concreto armado da cobertura do Prédio da Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP. Vitória: IBRACON, 2003. p. 266

NETO, José da Costa Marques. Gestão de resíduos de Construção e de Demolição no Brasil, 2005.

NOVAES, Washington. Recursos naturais são fator escasso no mundo hoje. Eles é quem deveriam ter a maior valorização. Entrevistadora: Fernanda Correia. Ambiente Urbano, 26(3), junho, 2008.

PADIAL, Karina. Mídia out-of-home: Aqui, ali, em todo lugar. Revista Imprensa, abril, 2008. Disponível em: <<http://www.digitalsignagebrasil.com/2008/06/26/midia-out-of-home-aqui-ali-em-todo-lugar>>, último acesso em novembro de 2008.

POLI USP RECICLA. Diagnóstico da gestão de resíduos na Escola Politécnica. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/recicla/>>, último acesso em setembro de 2008.

_____. Gestão de Lâmpadas Fluorescentes na Escola Politécnica da USP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/recicla/>>, último acesso em setembro de 2008.

SALGADO, S.M. Sustentabilidade e o Processo de Projeto de Edificações. VII WBGPPCE - VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Curitiba: Centro Politécnico da UFPR, 2007. Disponível em <<http://www.cesec.ufpr.br>>, último acesso em abril de 2008.

SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo, Oficina de Textos, 2006.