

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

THAIS FIRMINO CERVEIRA

**Avaliação de Construções sustentáveis com aplicação para o edifício da
Engenharia Ambiental da EESC/USP**

São Carlos

2014

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

THAIS FIRMINO CERVEIRA

**Avaliação de Construções sustentáveis com aplicação para o edifício da
Engenharia Ambiental da EESC/USP**

Monografia apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para
conclusão do curso de Engenharia
Ambiental.

ORIENTADOR: PROF. TADEU FABRÍCIO MALHEIROS

São Carlos

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C419a Cerveira, Thais Firmino
Avaliação de construções sustentáveis com aplicação
para o edifício da engenharia ambiental da EESC/USP /
Thais Firmino Cerveira; orientador Tadeu Fabrício
Malheiros. São Carlos, 2014.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2014.

1. Construções sustentáveis. 2. Gestão de água. 3.
Quantificação do consumo de água. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Thais Firmino Cerveira**

Data da Defesa: 13/11/2014

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Tadeu Fabrício Malheiros (Orientador(a))

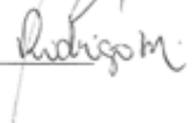
Profa. Dra. Akemi Ino

Me. Rodrigo Martins

Resultado:

APROVADA 

APROVADA 

APROVADA 



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091 - Trabalho de Graduação

DEDICATÓRIA

Dedico meu trabalho de graduação à todos os brasileiros, esperando que um dia consiga retornar para a sociedade os investimentos a mim destinados nesses cinco anos de graduação na Universidade de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu professor orientador, Tadeu Malheiros, por todo apoio, paciência, atenção e dedicação. Obrigada por ter me acolhido e aceitado o desafio de realizar a pesquisa no tema que eu queria, mesmo não sendo exatamente sua área de atuação.

À todos os meus professores da graduação, cujos ensinamentos e orientações tornaram-me a profissional que sou hoje.

Aos funcionários do prédio da engenharia ambiental que me ajudaram com a coleta dos dados, em especial a Técnica Juliana G. S. Custódio, que, com muita atenção e paciência, dedicou um semestre me auxiliando na quantificação da água gasta em todos os laboratórios didáticos.

Aos meus amigos João G. T. Orru, Luís F. P. Bucater, Raul Cassaro, e Rafael S. Ferrer, que me ampararam não só na obtenção de dados, mas também enriqueceram minha pesquisa com discussões e trabalhos em grupo.

À todos os meus colegas de classe e casa, cujo apoio e união tornaram a graduação mais simples, e muito mais prazerosa.

Aos meus pais, Jaime e Regina, e minha irmã, Amanda, pelo apoio incondicional durante os cinco anos de graduação, pelos conselhos e pelo carinho.

Ao meu namorado, César, por estar sempre ao meu lado me ajudando a superar os desafios.

RESUMO

Cerveira, T. F. (2014) Avaliação de Construções sustentáveis com aplicação para o edifício da Engenharia Ambiental da EESC/USP – Trabalho de Graduação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Atualmente a construção civil é um dos grandes responsáveis pela geração de impactos negativos ao meio ambiente, notadamente no que diz respeito ao consumo de recursos naturais e à produção de resíduos sólidos. A fim de reparar esses malefícios ambientais e gerar melhorias sociais e econômicas surgiram as construções sustentáveis. No Brasil, entretanto, muitas questões ainda precisam ser resolvidas, principalmente em relação aos avanços tecnológicos e na formação de profissionais, para que a sustentabilidade nas construções seja plenamente adotada pelo mercado. Nesse sentido, a USP, como polo de difusão do conhecimento e exemplo nacional e mundial em pesquisas e projetos, possui fundamental importância para o avanço do país na questão da sustentabilidade.

Este trabalho de graduação teve como objetivo discutir a operacionalização do tema “Edificação Sustentável” na Universidade de São Paulo. Para tanto, escolheu-se aplicar o requisito “Uso Racional da Água” ao prédio da engenharia ambiental da USP São Carlos. Primeiramente quantificou-se o consumo de água do edifício e, através dos resultados, formas de gestão de oferta e demanda foram propostas. Como alternativa de abastecimento propôs-se um sistema de aproveitamento de água da chuva para utilização de água não potável em vasos sanitários e mictórios, e para rega de jardins e limpeza. Para redução da demanda sugeriu-se a adoção de um sistema de manutenção e monitoramento dos dispositivos economizadores de água; a recirculação ou reutilização da água descartada pelo deionizador; a sensibilização da comunidade acadêmica e cobrança dos tomadores de decisão. Tais propostas, se implementadas, trariam inúmeros benefícios ambientais, sociais e econômicos para a universidade e para o país.

Palavras-chave: Construções Sustentáveis; Gestão de Água; Quantificação do Consumo de Água.

ABSTRACT

Cerveira, T. F. (2014) Evaluation of Green Buildings applied to the Environmental Engineering building of EESC/USP

Currently the civil construction is one of the biggest generators of negative impacts to the environment, especially when talking about the use of natural resources and the production of solid wastes. As a means to repair the environmental damages and generate social and economic improvements green buildings came to be. In Brazil, however, many problems still need to be solved, especially pertaining technological breakthroughs and the training of professionals, so that sustainability in constructions can be fully adopted by the market. On this matter, the USP, as a beacon of knowledge diffusion and as a national and global example in research and development, has a fundamental role for the growth of this subject on the country.

On this lines, this undergraduate research had the objective of discussing “Green Building” implementation at the University of São Paulo. For this the chosen requirement was “Water Conscious Use” applied to the Environmental Engineering building of the USP São Carlos. Firstly the building's water consumption was evaluated and, from these results, ways to manege the supply and demand were proposed. As an alternative to the water supply a system of rain water reuse was proposed for the use of non-potable water demands on toilets and urinals, and for watering the gardens and general cleaning. To minimize the demand was proposed the implementation of a system of evaluation and management of the water-efficient systems; the recirculation or reuse of the deionizer waste water; the raise in awareness of the academic community and harsh demands from the decision-makers. These proposals, if implemented, would bring great environmental, social and economical benefits for the university and the country.

Key words: Green Buildings; Water Management; Water Use Measurement

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Localização das áreas I e II da USP em São Carlos	4
Figura 2 - Localização do Prédio em estudo na Área II do Campus USP São Carlos	5
Figura 3 - Instrumentos utilizados para coleta	6
Figura 4 - Torneiras de jardim do prédio da engenharia ambiental.....	7
Figura 5 - Implantação do prédio da Eng. Ambiental na Área II do Campus São Carlos.....	21
Figura 6 - Planta do Prédio da Eng. Ambiental (Térreo).....	22
Figura 7 - Planta do Prédio da Eng. Ambiental (Pavimento superior)	22
Figura 8 - Fotos externas do prédio da Eng. Ambiental.....	23
Figura 9 - Fotos internas do prédio da Eng. Ambiental pós reforma do telhado.....	23
Figura 10 - Construção do segundo andar do sexto bloco do prédio da Eng. Ambiental	24
Figura 11 - Torneira (a), bacia sanitária (b), mictório (c) dos toaletes do prédio da Eng. Ambiental	24
Figura 12 - Deionizador.....	30
Figura 13 - Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de autolimpeza	36
Figura 14 - Calhas e condutores verticais do prédio da engenharia ambiental	38

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Vazões das torneiras do bloco didático	27
Tabela 2 - Vazões das torneiras dos laboratórios didáticos.....	28
Tabela 3 - Dados das medições realizadas no Laboratório de Biologia no primeiro semestre de 2014	29
Tabela 4 – Dados das medições realizadas no laboratório de Microbiologia no primeiro semestre de 2014	29
Tabela 5 – Dados das medições realizadas no Laboratório de processos e Operações Unitárias no primeiro semestre de 2014.....	30
Tabela 6 – Dados das medições realizadas no Laboratório de Poluição no primeiro semestre de 2014	30
Tabela 7 - Resumo do consumo mensal de água no prédio da engenharia ambiental	32
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água para uso não potável	36
Tabela 9 - Frequência de manutenção	37
Tabela 10 - Volume de água de Chuva Aproveitável.....	39
Tabela 11 - Método da Simulação para reservatório de 10m ³	41
Tabela 12- Custo do sistema de captação de água de chuva	42
Tabela 13 - Tarifa do SAAE para os estabelecimentos públicos	43

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Carga horária referente aos alunos cursando o período ideal da engenharia ambiental.....	25
Gráfico 2 - Consumo de água relativo aos Toaletes do Prédio da Engenharia Ambiental.....	28
Gráfico 3- Consumo de água relativo às atividades monitoradas no prédio da engenharia ambiental	33
Gráfico 4 - Consumo de água geral do prédio da engenharia ambiental.....	33
Gráfico 5 - Chuva aproveitável por mês.....	39

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivos	3
3	Metodologia	3
4	Revisão Bibliográfica.....	8
4.1	O setor da Construção Civil e seus impactos.....	8
4.2	Edificações Sustentáveis.....	10
4.2.1	Uso Racional da água	10
4.2.2	Eficiência Energética.....	12
4.2.3	Materiais de Menor Impacto Ambiental.....	14
4.2.4	Gestão de Resíduos.....	14
4.2.5	Conforto Ambiental.....	16
4.2.6	Áreas Verdes e Livres.....	18
4.2.7	Acessibilidade.....	19
4.3	Responsabilidade da USP	19
5	Estudo de Caso	21
5.1	Caracterização da Área	21
5.2	Quantificação do Volume de Água Gasto do Prédio	25
5.2.1	Toaletes.....	26
5.2.2	Laboratórios.....	28
5.2.3	Limpeza	31
5.2.4	Jardins.....	32
5.3	Resultados	32
6	Soluções propostas	34
6.1	Gestão de demanda	34
6.2	Gestão de oferta	34
6.2.1	Volume de Chuvas	38
6.2.2	Volume de Reservação	40
6.2.3	Custo.....	42
7	Conclusões	43
8	Referências Bibliográficas	45

1 Introdução

O setor da construção civil possui significativa importância dada sua capacidade de elevar, a curto e médio prazo, a taxa de crescimento de produto, emprego e renda do país. Esse aumento deve-se à absorção de grande volume de mão-de-obra, inclusive daquelas com pouca ou nenhuma formação, resultando em um impacto positivo sobre a geração de empregos. Além disso, o aumento da indústria da construção civil fomenta a demanda por produtos e serviços variados, criando empregos e acrescentando a renda de muitas empresas e famílias.

Sabe-se, contudo, que a construção civil, notadamente as etapas de construção, operação e demolição dos edifícios, é um dos grandes responsáveis pela geração de impactos ambientais, sociais e econômicos negativos. De acordo com Carneiro et al. (2001) este é o setor da economia que mais recursos naturais consome, além de ser umas das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente.

Além disso, a produção dos materiais de construção, segundo o último autor citado, é responsável pela geração de resíduos cerâmicos; escórias de alto forno e de aciaria; entre outros. Este material, somado ao rejeito de construções, demolições e reformas, constituem-se de verdadeiras jazidas de matérias-primas que muitas vezes não são aproveitadas e ainda descartadas de forma incorreta.

Entre os malefícios da construção civil, podemos encontrar ainda a impermeabilização do solo, o impacto visual, e a geração de poeira e barulho, que prejudicam a qualidade de vida da população e criam uma imagem negativa para as administrações públicas.

A fim de contornar os impactos ambientais e sociais negativos das construções civis, surgiu o conceito de construção sustentável, que engloba a concepção (projeto); seus usuários (uso e manutenção); sua vida útil (durabilidade); sua renovação ou desmonte. Ou seja, tem enfoque em todo o ciclo de vida do empreendimento; o cálculo dos materiais empregados nela, por exemplo, deve levar em conta a necessidade, o desperdício, e a energia gasta no processo de fabricação e transporte e, finalmente, seu reaproveitamento ou correta disposição.

As construções sustentáveis prezam, também, pela salubridade e conforto dos ambientes, utilizando-se da adaptação deste ao clima local. Deve-se, assim, combinar a

questão da forma, as técnicas e os materiais empregados da maneira mais adequada a fim de melhorar o conforto interno, reduzir os impactos externos, e contribuir de forma positiva para a qualidade de vida de seus usuários, diminuindo, efetivamente, a utilização dos recursos energéticos, notadamente aqueles não renováveis.

O campo das construções sustentáveis trás, contudo, inúmeros desafios para planejadores, gestores e tomadores de decisão. Muitas questões precisam ser resolvidas para que a sustentabilidade no mercado das construções brasileiras ocorra de fato. Entre elas vale destacar: baixo conhecimento sobre as normas de eficiência energética; qualificação insuficiente ou inexistente nas prefeituras para avaliação dos projetos na perspectiva da sustentabilidade; baixa interação dos profissionais, desalinhada com a perspectiva da interdisciplinaridade que o tema demanda; poucos recursos para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias locais, inclusive quase nenhum incentivo governamental efetivo para a inovação; pouco espaço dado ao tema dos projetos bioclimáticos no currículo acadêmico dos cursos de formação universitária em Engenharia e Arquitetura; infraestrutura insuficiente e de má qualidade dos sistemas de coleta, destinação e reciclagem de resíduos; entre outras (LAURIANO, 2012).

Vê-se, portanto, que o papel das universidades é fundamental para que o Brasil avance na questão de sustentabilidade nos edifícios. Responsabilidade ainda maior recai sobre a Universidade de São Paulo que, além de laboratório de ensino, pesquisa e extensão na formação de arquitetos e engenheiros, possui 82.164.913,00 m² de área construída, e ainda é referência de tecnologia e boas práticas para o país e o mundo.

O curso da engenharia ambiental da USP São Carlos traz para os alunos diversos conhecimentos relacionados com o tema água, como, por exemplo: sua importância vital para os seres humanos e ecossistemas; seus diversos usos e qualidade requerida por cada um; sua crescente demanda devido ao aumento populacional e das atividades econômicas do país; e a descontrolada poluição dos mananciais.

O uso irracional deste recurso tornou-o um dos temas mais relevantes para o curso, cujo foco atualmente encontra-se no tratamento de águas e efluentes. Entretanto, a escassez pela qual o país já passa mostra-nos que essa abordagem, embora aplicada pela maior parte das governanças municipais, não é satisfatória. Assim, novas formas de gestão de oferta e demanda de água necessitam ser estudadas e propostas à comunidade.

2 Objetivos

Objetivo geral: o presente trabalho de graduação aborda o tema da sustentabilidade nas construções, visando contribuir em ações para reduzir impactos negativos gerados e economia de recursos naturais, bem como os benefícios sociais e econômicos associados.

Objetivo específico: discutir a operacionalização do tema da edificação sustentável na Universidade de São Paulo, por meio da apresentação de um estudo do uso da água no edifício da Engenharia Ambiental da USP São Carlos.

3 Metodologia

O estudo das construções sustentáveis pela aluna iniciou-se em 2012, quando ela interessou-se pelo tema. Durante um ano o assunto foi amadurecido, resultando, em 2013, em uma iniciação científica com o professor Tadeu F. Malheiros. A análise do material resultante desta iniciação, somada a novos conhecimentos adquiridos, resultaram neste trabalho de graduação. Assim, para melhor apresentação dessa evolução, dividiu-se esta metodologia em cinco etapas.

Etapa 1: Embasamento teórico realizado através de uma análise crítica das referências bibliográficas consultadas, como dissertações, teses, artigos científicos, relatórios técnicos e livros. Consultou-se também certificações, normas e leis que respaldam as construções sustentáveis. Essa etapa teve duração de três anos, pois novos conhecimentos e atualizações foram necessários durante todo o processo.

Etapa 2: Estudo da certificação LEED¹ 2009 “*for Existing Buildings*” e “*for Schools*”, que, somadas as análises bibliográficas anteriormente realizadas, resultou em um quadro de quatro indicadores para análise do requisito “Uso Racional da Água”, sendo os dois primeiros formas de gestão de demanda e os últimos formas de gestão de oferta. Sendo eles:

¹ LEED™ (*Leadership in Energy and Environmental Design*): Desenvolvido nos EUA. Possui a finalidade de facilitar a transferência de conceitos de construção ambientalmente responsável para os profissionais e para a indústria de construção americana; e proporcionar reconhecimento junto ao mercado pelos esforços despendidos para essa finalidade. Constitui-se, também, de um checklist que atribui créditos para ações de projeto, construção e gerenciamento pré-estabelecidos. O sistema toma, como referência, princípios ambientais e de uso de energia estabelecidos em normas e organismos de terceira parte reconhecidos; e busca estimular a adoção de tecnologias e conceitos inovadores.

1. Especificações de dispositivos economizadores de água;
2. Aproveitamento de água de chuva para utilização em vasos sanitários, lavagem de pisos, irrigação de jardins e áreas verdes, lavagem de veículos e ferramentas;
3. Reutilização da água cinza nas bacias sanitárias;
4. Educação dos frequentadores.

Etapa 3: Medição do desempenho da água nos blocos didáticos do edifício da Engenharia Ambiental da USP São Carlos. Os valores obtidos foram comparados com os referenciados em literatura e normas brasileiras. A figura 1 ilustra a cidade de São Carlos, com destaque para as áreas 1 e 2 do campus, enquanto que a figura 2 localiza na área 2 (Avenida João Dagnone, nº 1100 - Jardim Santa Angelina) o edifício da engenharia ambiental.

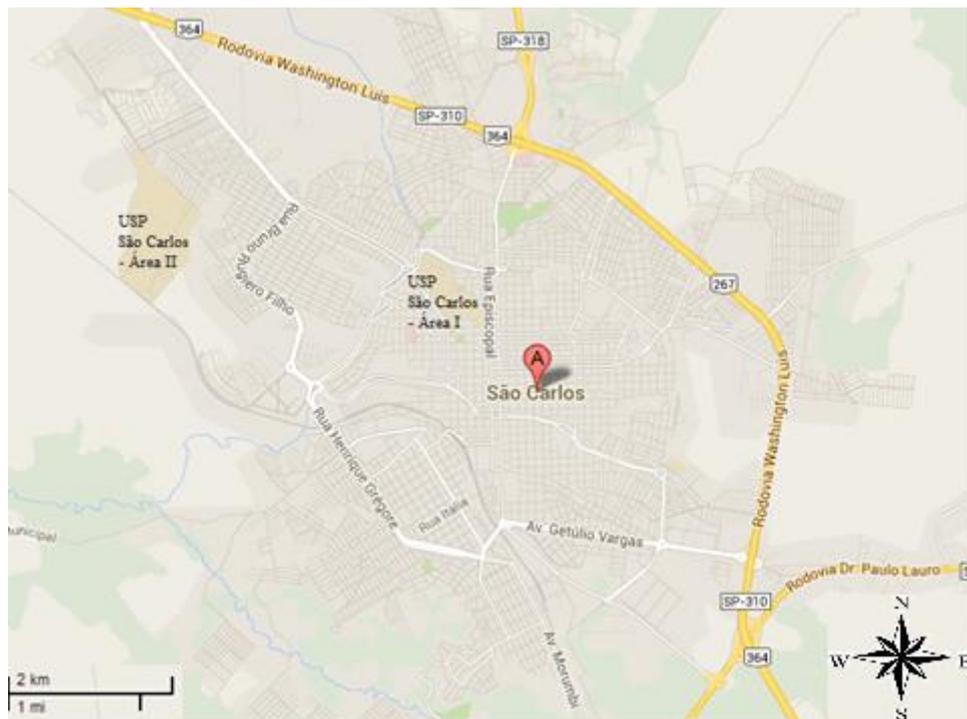


Figura 1 - Localização das áreas I e II da USP em São Carlos
Fonte: Google Maps (15/12/2013)



Figura 2 - Localização do Prédio em estudo na Área II do Campus USP São Carlos
Fonte: Google Maps (15/12/2013)

Primeiramente constatou-se que o consumo de água no edifício em questão está majoritariamente relacionado às toaletes, aos laboratórios, à limpeza do local e à rega dos jardins, sendo, portanto, as atividades monitoradas.

Para determinar a eficiência das torneiras com dispositivos economizadores de água quantificou-se sua vazão através da coleta de água de cada torneira utilizando-se de copos de precipitação (Figura 3a), seguida da determinação do seu volume em provetas graduadas (Figura 3b). O tempo de funcionamento de cada torneira foi determinado concomitantemente com as coletas utilizando-se de um cronômetro do laboratório didático de biologia (Figura 3c).

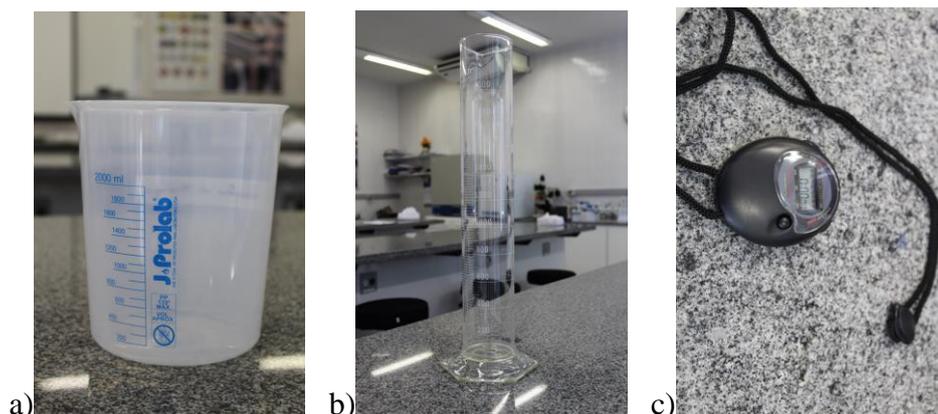


Figura 3 - Instrumentos utilizados para coleta
Foto: Thais Firmino Cerveira. 28/03/2014

A estimativa do volume de água gasta nos laboratórios didáticos foi realizada em duas etapas. A primeira foi determinar a vazão das torneiras dos laboratórios, utilizando-se dos mesmos procedimentos e materiais descritos acima, e monitorar o tempo de lavagem de todo material utilizado em cada aula do semestre com a ajuda da Técnica dos laboratórios, Juliana Gonçalves dos Santos Custódio. Em um segundo momento realizou-se a medição do consumo de água no preparo da água deionizada, utilizada para lavar o material por uma segunda vez, ou seja, depois que este já foi ensaboado e enxaguado em água corrente.

A estimativa do consumo de água para limpeza do bloco didático foi determinada segundo a quantidade de baldes de água que as faxineiras utilizam diariamente para limpar salas de aula, corredores e banheiros. Realizou-se também uma média do tempo gasto para lavagem do pátio exterior, que ocorre duas vezes por semana, e a medição da vazão das torneiras de jardim utilizadas para esse fim (Figura 4).

O volume de água utilizado para rega dos jardins do prédio em estudo foi estimado da mesma forma que a limpeza de sua área externa, ou seja, através da vazão das torneiras de jardim (Figura 4) e do tempo médio utilizado pelo técnico de laboratório, Edson Cornetta, para regar as árvores plantadas em torno do edifício.



Figura 4 - Torneiras de jardim do prédio da engenharia ambiental
Foto: Thais Firmino Cerveira. 03/07/2014

Etapa 4: Encaminhou-se, a partir do diagnóstico, propostas para reduzir o consumo de água no edifício através da gestão de demanda e oferta. Para a primeira propôs-se formas de economia e boas práticas, enquanto que a segunda consistiu no dimensionamento e custeamento de um sistema de captação de água pluvial para o edifício.

Etapa 5: Reflexões sobre a viabilidade e os impactos das alternativas propostas no quadro de indicadores para o contexto da USP.

4 Revisão Bibliográfica

4.1 O setor da Construção Civil e seus impactos

A construção civil é responsável pela contratação de 10% da mão de obra mundial, movimentando cerca de 10% do PIB global. Entretanto, o setor consome 40% da energia demandada e 33% dos recursos naturais do planeta; emite 33% dos gases de efeito estufa; consome 12% da água potável e produz 40% dos resíduos sólidos urbanos (UNEP², 2009 apud CBCS; SECOVI-SP, 2011, p. 8).

No Brasil, o setor da construção é um dos principais segmentos de investimentos no país, sendo responsável por 42% da sua formação bruta de capital fixo. Em 2010 a cadeia da construção civil representou 8% do PIB total brasileiro e empregou 11,3 milhões de trabalhadores (FIESP, 2012, p. 24 e 25). Em termos de impactos negativos, o Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis (CBCS) afirma que no país o setor é responsável pelo consumo de 50% de energia elétrica e 75% dos recursos naturais extraídos; pelo consumo de 21% da água potável; e pela produção anual de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos (GODOI, 2012, p.24).

O conceito de construção sustentável vem se delineando desde 1960, quando a humanidade, constatando a finitude dos recursos naturais e a ligação entre os diversos ecossistemas do planeta, viu a necessidade de rever suas práticas e relação com o meio ambiente. Entretanto, foi na década de 70, com a crise do petróleo, que a preocupação com a redução do consumo de energia concretizou a busca por sistemas prediais mais eficientes e menos impactantes.

Atualmente praticamente cada país europeu, além dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong - possui um sistema de avaliação de edifícios. Como, por exemplo, o Building Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), e o Green Building Challenge (GBC). Responsáveis pela avaliação da sustentabilidade das construções, essas certificações propõem diversos princípios e recomendações que contribuem,

² UNEP. Buildings and Climate Change - Summary for Decision-Makers. 2009.

principalmente, para a redução do consumo de recursos naturais, da alta geração de resíduos e do uso irracional de água e energia.

As certificações propõem alguns requisitos, tais como: a) controle da erosão e da sedimentação, que visa minimizar os impactos negativos na qualidade da água e do ar; b) gestão do uso da água, que busca a utilização eficiente da água potável visando sua conservação e evitando seu desperdício; c) conservação de energia e preservação da atmosfera, que garante um mínimo consumo de energia através da maximização do desempenho dos sistemas; d) bom uso de materiais e recursos através da reutilização de edificações existentes, e) gerenciamento do entulho de obra, do reaproveitamento de recursos, da reciclagem, da utilização de materiais locais e renováveis, e da preferência pelo uso de madeira certificada; f) manter o IAQ (Índice de Qualidade do Ar Interior) em valores satisfatórios e garantir conforto e bem estar dos usuários, além do controle da fumaça de cigarros (MARQUES E SALGADO, 2007, p.03)

Entretanto, muitos requisitos, além destes, precisam ser cumpridos para que o edifício tenha uma avaliação sustentável; e a importância de cada um deles será alterada de acordo com o país ou região em que se encontra o empreendimento avaliado. Segundo Silva et al (2003, p.13), algumas dificuldades para importação de certificados são:

- (a) Para ser tecnicamente consistente deve ser adaptado a dados nacionais relevantes;
- (b) Para ser viável praticamente deve ser adaptado ao mercado, às práticas de construção e às tradições locais;
- (c) Para ser disseminado rapidamente deve ser desenvolvido em parceria com as principais partes interessadas: investidores, empreendedores e projetistas; e
- (d) Para ser apropriado ao contexto nacional, os itens avaliados devem ser ponderados para refletir prioridades e interesses nacionais.

No âmbito nacional, o conceito de construção sustentável começou a ser mais discutido após o Encontro Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, realizado no Rio de Janeiro em 1992, o qual propôs os princípios do desenvolvimento sustentável, concretizados pela Agenda 21. Essa engloba as esferas socioculturais, econômicas e ambientais, olhando numa perspectiva de equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso destes de forma racional, sem comprometer a capacidade de suporte do planeta.

No documento “Agenda 21: uma proposta de discussão para o *construbusiness* brasileiro”, de John et al (2001), os autores discutem soluções para a construção brasileira,

abordando-se a qualidade ambiental dos edifícios, dos processos e dos produtos, a redução do consumo de recursos naturais, e o gerenciamento e a organização dos processos.

4.2 Edificações Sustentáveis

O conceito de construção sustentável abrange todo o ciclo de vida do empreendimento, contemplando etapas interdependentes: concepção e projeto; execução; uso, operação e manutenção; reabilitação; e desconstrução. É importante destacar que muitas atividades são concomitantes, e que decisões tomadas em uma etapa produzirão efeitos nas seguintes, não devendo, portanto, serem pensadas isoladamente (CBCS; SECOVI-SP, 2011, p.19).

A concepção deve contemplar, além do projeto básico e sua legalização, a viabilidade técnico-econômica, a necessidade de recursos, e a avaliação custo-benefício da obra, convergindo para o projeto executivo. Na execução deve-se atentar ao planejamento dos materiais, dos equipamentos e da mão-de-obra necessários, além de realizar eventuais adaptações aos projetos, levando sempre em consideração as exigências da legislação local e os impactos ao meio. A etapa de funcionamento compreende a fase mais extensa do edifício, assim, a fim de aumentar o tempo de vida da edificação e evitar sua depreciação, é necessário realizar constantes monitoramentos e manutenções. Quando necessário deve-se realizar a reabilitação do edifício, atentando-se para o desperdício e qualidade da obra. Com o fim da vida útil de uma construção pode-se realizar sua desmobilização, para tanto é viável que ele já tenha completado mais de uma vez seu ciclo de vida. Nesta etapa geralmente se produz grande quantidade de resíduos que podem e devem ser reutilizados ou reciclados.

Em todas essas etapas deve-se pensar na sustentabilidade, atentando-se para requisitos como uso racional da água, eficiência energética, materiais de menor impacto ambiental, gestão de resíduos, conforto ambiental, áreas verdes, e acessibilidade; descritos a seguir.

4.2.1 Uso Racional da água

A utilização da água deve ocorrer com racionalidade, já que ela é essencial à vida, mas seus meios naturais de transformação são limitados e lentos. A crescente demanda e contaminação deste recurso natural precisa ser acompanhada de uma gestão eficiente,

reduzindo perdas e desperdícios, e do desenvolvimento de tecnologias que busquem alternativas para a ampliação de sua oferta.

A gestão sustentável da água deve englobar sua oferta, ou seja, alternativas de abastecimento como o aproveitamento de água pluvial e água cinza para fins não potáveis; e sua demanda, a partir da utilização de tecnologias economizadores de água e da conscientização da comunidade.

Em termos ambientais, uma boa gestão desse recurso reduz a pressão sobre as águas superficiais e subterrâneas que ainda atendem aos padrões de potabilidade; e traz vantagens econômicas para os usuários, uma vez que reduzem os custos de compra de água potável, e para o município, pois minimizam a sobrecarga dos sistemas de captação, tratamento e distribuição de água potável. Seu maior benefício, entretanto, cabe à esfera social, uma vez que a limitação dos recursos hídricos acarreta, majoritariamente, em sua subutilização pela população de baixa renda.

Além dos benefícios comuns a todos os meios de gestão, a captação de água de chuva promove a minimização dos riscos de enchentes através da amortização das vazões de pico em eventos extremos de chuva, o que reduz perdas sociais e econômicas, notadamente para a população de baixa renda que ocupa as áreas de várzea.

A captação de água de chuva pode ser realizada através de áreas limpas que não sejam utilizadas para circulação de pessoas ou animais, como telhados, por exemplo. O sistema de coleta é simples, sendo formado basicamente por calhas, condutores e reservatórios; e a água captada pode ser utilizada para abastecimento de bacias sanitárias, lavagem de pisos, irrigação de jardins e áreas verdes, lavagem de veículos e ferramentas, devendo seguir os requisitos da NBR 15527, item 4.5 (Qualidade da água).

A reutilização da água cinza, por sua vez, necessita de tecnologias para o tratamento do efluente proveniente dos lavatórios, e sua destinação às bacias sanitárias; e deve atender aos parâmetros de qualidade da água abordados na norma NBR 13969 (ABNT, 1997), item 5.6.4 (Grau de tratamento necessário). Entretanto, o sistema de tratamento de águas cinzas, diferentemente do primeiro método, deve ser previsto em projeto e executado conjuntamente com o sistema de água e esgoto do prédio na sua construção. É importante destacar ainda que, para ambos os métodos abordados, deve-se especificar nos projetos a

identificação e proteção dos sistemas hidráulicos responsáveis pela condução da água não potável, evitando-se riscos de contaminação.

Os dispositivos economizadores de água, assim como os métodos abordados anteriormente, contribuirão para a economia de água potável, e, conseqüentemente, para proteção desse importante recurso natural. Entretanto, como atuam diretamente no consumo de água, ajudam a minimizar o uso de compostos químicos para tratamento de efluentes. Como exemplos de mecanismos economizadores temos: bacias sanitárias com sistema de duplo acionamento (máximo 3 e 6 Litros/acionamento); válvula de descarga para mictório temporizada ou com acionamento por sensor (máximo 8 Litros/minuto); torneira de bancada de banheiros e lavabos com acionamento temporizado ou por sensor, equipada com arejador de vazão constante (máximo 8 Litros/minuto); torneira de serviço/jardim com registro regulador de vazão (máximo 19 Litros/minuto)(GODOI, 2012, p.100 e 101).

Entretanto, o investimento nessas tecnologias pode ser desperdiçado se não houver um bom uso dos equipamentos, dessa forma faz-se necessário a educação socioambiental da comunidade. Através dela, busca-se promover o consumo consciente e a adoção de hábitos ambientalmente responsáveis pelos usuários do edifício, buscando a preservação dos recursos naturais, a economia no consumo de água, e a redução nos custos de operação e manutenção. Um programa de educação ambiental, neste caso focado no consumo de água, deve possuir uma abordagem envolvendo: sensibilização, compreensão, habilidade, comportamento e ação participativa. É importante, também, conscientizar a equipe de projeto, obra e manutenção para que futuras construções incorporem cada vez mais aspectos de sustentabilidade em sua concepção.

4.2.2 Eficiência Energética

Sabe-se que a eletricidade no Brasil é produzida, primordialmente, pelas hidrelétricas, que, apesar de serem conhecidas por gerarem energia elétrica limpa, causam grandes danos ambientais e sociais devido a construção de grandes barragens, além de serem um caro investimento econômico para o Brasil. Em segundo lugar encontram-se as termelétricas, que utilizam-se da queima de óleo, gás, carvão ou biomassa. Em último lugar encontram-se as usinas nucleares, que produzem lixo radioativo e, em caso de acidentes, podem impactar grandes áreas, gerando danos irreversíveis à humanidade, flora e fauna.

A implantação de sistemas de uso racional de energia nos edifícios é uma forma simples, rápida e econômica de reduzir o papel das concessionárias de eletricidade na matriz energética do país, contemplando economicamente tanto a sociedade quanto o Estado.

Ambientalmente, ela reduziria os impactos na fauna e flora resultantes da alteração do funcionamento dos rios e da área inundada pela barragem; ajudaria na preservação dos recursos naturais utilizados na matriz energética, como óleo, carvão e gás; reduziria a produção de gases oriundos das termelétricas e da putrefação da vegetação submersa no reservatório das usinas hidrelétricas; e reduziria a contaminação de solo e água por lixo atômico.

No âmbito social, a adoção de sistemas eficientes de energia iria salvaguardar as comunidades ribeirinhas que seriam atingidas pela construção de novas barragens, melhorar a qualidade de vida daqueles residentes próximos a termelétricas, e auxiliar na universalização da energia elétrica para as classes sociais menos favorecidas.

Para a construção de edifícios energeticamente eficientes precisa-se, contudo, modificar a gestão de energia atentando-se, tanto para a demanda, redução da eletricidade consumida, quanto para a oferta, adoção de fontes alternativas de geração. Desde a concepção e projeto deve-se privilegiar a iluminação natural, evitando ao máximo o consumo de eletricidade. O planejamento também deve abranger melhores formas de realizar a iluminação artificial, minimizar o uso de refrigeradores, e separar a rede de condicionadores de ar das demais.

Em segunda instância é preciso reduzir o consumo de energia elétrica na execução, uso e operação do local, através: da adoção de equipamentos que possuem grande eficiência energética (selo A do INMETRO e selo PROCEL); da obtenção de sistemas energeticamente eficientes e com desligamento automático; da utilização de lâmpadas com maior eficiência e durabilidade; de sistemas automáticos de iluminação em áreas comuns.

Por fim, para gestão da demanda, necessita-se monitorar o consumo de energia por meio de medidores de leitura remotos nos quadros de medição. Em relação à oferta pode-se utilizar células fotovoltaicas, sistemas eólicos de produção de energia, aquecimento de água via radiação solar, e demais tecnologias disponíveis no mercado.

4.2.3 Materiais de Menor Impacto Ambiental

Como dito anteriormente, entre os principais impactos negativos da construção civil encontra-se o consumo exacerbado de recursos naturais, que inclui matéria prima, água e energia. Projetistas e construtores devem procurar materiais que, em seu ciclo de vida, consumiram a menor quantidade possível desses recursos, e produziram baixa quantidade de resíduos sólidos e poluentes líquidos e atmosféricos.

Materiais com baixo impacto ambiental contribuem para melhora na qualidade de vida das pessoas, e reduzem os gastos com saúde e remediação de áreas contaminadas.

Segundo Godoi (2012, p.125 a 128), na escolha dos materiais de construção deve-se procurar produtos que utilizem reduzida quantidade de matéria-prima, energia e água para sua confecção, que não possuem componentes voláteis ou tóxicos, e de fácil reparabilidade e reciclabilidade. É importante prezar ainda por materiais fabricados na região, favorecendo a economia local e reduzindo a poluição atmosférica resultante do transporte dos materiais.

Para preservação dos recursos naturais e da biodiversidade pode-se, segundo mesma autora, utilizar material de reuso, com conteúdo reciclado incorporado ou aqueles rapidamente renováveis, como bambu e eucalipto. Essa prática também reduz o volume de materiais descartados, aumentando o tempo de vida das áreas para destinação de resíduos sólidos e minimizando a poluição. Além disso, deve-se utilizar apenas madeira provinda de reflorestamento ou com certificado de manejo sustentável como o FSC – Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal) ou o CERFLOR (Programa Brasileiro de Certificação Florestal).

4.2.4 Gestão de Resíduos

Outro grande problema da construção civil, também já mencionado, é a grande produção de resíduos. Este tópico aborda formas de não gerar, reduzir, reaproveitar, reciclar, e, quando nenhum deles for possível, descartar de forma correta.

Para o tripé da sustentabilidade, a maior contribuição da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) está na redução significativa do volume de lixo levado aos aterros sanitários, a na diminuição do número de depósitos ilegais de RCC. Como resultado teremos

menor: contaminação do solo e água subterrânea, propagação de doenças vinculadas a vetores que se escondem e reproduzem nos RCC, e gastos na construção de novos aterros sanitários.

Para redução do consumo de materiais e descarte de resíduos sólidos na construção civil deve-se, na concepção do projeto, considerar conceitos de modulação e desmontagem, sem necessidade de demolição ou reprocessamento. Para tanto os ambientes podem ser dimensionados considerando seus componentes construtivos, e os materiais selecionados de modo que compatibilizem dimensões e encaixes.

Na etapa de uso a principal manutenção realizada nos edifícios são os reparos hidráulicos, para minimizar os serviços de alvenaria e pintura decorrentes deles pode-se adotar shafts visitáveis, projetados para permitir o acesso às principais tubulações e conexões instaladas no local.

Quando o descarte for imprescindível deve-se atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – lei 12.305 regulamentada pelo decreto 7.404 de 23 de Dezembro de 2010 – que define os resíduos da construção civil como os resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Ela determina que os RCC devem ser adequadamente coletados, triados e transportados para seu destino final, que pode ser um aterro de inertes ou uma Usina de reciclagem ou beneficiamento, ou mesmo a comercialização e reutilização.

Os procedimentos para gestão dos RCC encontram-se estabelecidos pela Resolução CONAMA 307/2002. Sua destinação, entretanto, varia de acordo com a classificação dos resíduos, encontrados em seu artigo 3º:

- i. Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como componentes cerâmicos, argamassa, concreto e outros, inclusive solos, que deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados; ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, onde deverão ser dispostos de modo a permitir sua posterior reciclagem, ou a futura utilização da área aterrada para outros fins;
- ii. Classe B: resíduos recicláveis, tais como plásticos, papel e papelão, metais, vidros, madeiras e outros, que deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- iii. Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem/recuperação, tais como os restos de produtos fabricados com gesso, que deverão ser armazenados,

transportados e receber destinação adequada, em conformidade com as normas técnicas específicas;

- iv. Classe D: resíduos perigosos oriundos da construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles efetiva ou potencialmente contaminados, oriundos de demolições, reformas e reparos em clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde, que deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

4.2.5 Conforto Ambiental

No âmbito das construções sustentáveis o conforto ambiental faz-se uma importante ferramenta para minimizar a utilização de sistemas artificiais de climatização e iluminação, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e o gasto com sistemas artificiais de aclimatação. Além disso, ele contribui para melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos usuários do edifício.

O conforto ambiental relaciona-se diretamente ao método construtivo, ou seja, forma, orientação, cores, distribuição do espaço interno; e aos materiais empregados. Assim, o programa arquitetônico deve adequar-se ao clima local, priorizando a orientação solar, a ventilação e a iluminação natural.

A fim de nortear as construções brasileiras e melhorar a qualidade das habitações populares no país, foi publicada em 12 de maio de 2008 a ABNT NBR 15575 - Norma brasileira de desempenho, para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Ela busca promover a inovação e a sustentabilidade em todas as fases do empreendimento, ou seja, projeto, operação e manutenção. No que diz respeito ao conforto ambiental, a NBR 15575 aborda o desempenho térmico (tópico 11), acústico (tópico 12) e lumínico (tópico 13).

4.2.5.1 Conforto térmico

A sustentabilidade de uma construção que possua conforto térmico está alicerçada no tripé: (1) orientação e sombreamento do edifício, notadamente em suas aberturas; (2) especificação de componentes da fachada e da cobertura; (3) aproveitamento da ventilação natural. Além desses, outro importante instrumento é o paisagismo, que corrobora para manutenção do microclima e mitigação do efeito ilha de calor.

No Brasil, um dos principais problemas para o conforto térmico dos edifícios é a grande incidência de raios solares. A fim de amenizar esse problema, pode-se utilizar, entre outros

meios, o isolamento da cobertura, através de coletores solares para aquecimento de água ou telhado verde; e a adoção de proteções solares horizontais como brises, toldos e sacadas; vidros com menor transmitância de raios infravermelhos; pinturas com baixa absorvância de radiação infravermelha; e sombreamento utilizando-se de árvores.

Entretanto, para analisar termicamente um edifício deve-se analisar detalhadamente o clima da Cidade em questão; quantificar a população frequentadora do prédio; estipular quais atividades são exercidas no espaço; determinar as possíveis fontes de calor; e definir as cargas internas de iluminação e equipamentos.

Quanto à normatização referente temos: NBR 15575, que determina valores de transmitância térmica, absorvância à radiação solar, e capacidade térmica; e a NBR 15220, que dispõe do desempenho térmico das edificações.

4.2.5.2 Conforto lumínico

Uma construção sustentável busca alcançar o conforto lumínico através do aproveitamento da iluminação natural proveniente da luz solar, direta e indiretamente. As normas para este requisito encontram-se estabelecidos na ABNT NBR 15215 (partes 1 a 4) e NBR 5413, que determina os níveis de iluminância exigidos para ambientes internos.

Neste caso é importante buscar-se a distribuição homogênea da luz natural, a fim de evitar o ofuscamento e o desconforto visual. Para tanto, pode-se utilizar brises projetados para o bloqueio da radiação solar direta e reflexão, como fonte secundária, para o interior dos espaços. Esses dispositivos de obstrução devem ter eficiência total entre 8 e 17h no solstício de verão e nos equinócios, e entre 10 e 15h no solstício de inverno.

4.2.5.3 Conforto acústico

O conforto acústico de um edifício está ligado tanto a fontes de ruídos internas como externas, que podem ser minimizadas através do isolamento de paredes, pisos, janelas e portas, utilizando-se especificações e vedações dos componentes divisórios do prédio.

Os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas podem ser encontrados na NBR 15575, que determina também o

isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/cobertura das edificações e o nível de ruído do impacto no piso para as coberturas acessíveis de uso coletivo.

4.2.6 Áreas Verdes e Livres

Aa vantagens ambientais das áreas verdes e livres são inúmeras, entre elas podemos lembrar que a vegetação é essencial para manutenção da biodiversidade e do equilíbrio ecológico. Além disso, ela reduz a erosão e perda de nutrientes do solo e ainda auxilia na infiltração, amenizando enchentes em grandes centros urbanos, e reabastecendo as reservas de água subterrâneas.

Em termos sociais são importantes para melhora da qualidade do ar e sensação térmica, são fontes de recreação e lazer, contribuindo para o aumento da qualidade de vida da comunidade. Essa, por sua vez, será responsável pela diminuição de tratamentos de doenças respiratórias, de obesidade, depressão, entre outras, trazendo vantagens também econômica para a sociedade e para o poder público.

Segundo Godoi (2012, p.92 e 93), este requisito busca diminuir os impactos das construções na ocupação do solo através do aumento, quantitativo e qualitativo, das áreas verdes e permeáveis do empreendimento. Deve-se privilegiar pavimentações externas de grande permeabilidade e plantio de vegetação sobre solo natural.

O projeto paisagístico deve priorizar o uso de espécies nativas regionais, preferencialmente da mesma microbacia hidrográfica do local da obra. Além disso é interessante empregar, quando possível, espécies arbóreas de médio e grande porte, mais efetivas na umidificação do ar, diminuição do calor, retenção de partículas e abrigo da fauna. Deve-se privilegiar a diversidade de espécies, mas evitar o emprego de exóticas, notadamente daquelas consideradas invasoras.

É importante destacar que os espaços vegetados poderão estar localizados sobre lajes impermeáveis, pavimento térreo ou cobertura; e sob marquises ou demais elementos de sombreamento se esses estiverem localizados em área externa. Entretanto, é imprescindível que estas áreas sejam acessíveis e promovam a melhoria da qualidade de vida dos usuários.

Em áreas maiores é interessante valer-se da criação de microclimas, utilizando-se de corpos d'água e vegetação para criar áreas com menor temperatura e maior umidade. Pode-

se também empregar ciclovias e bicicletários, estimulando a atividade física e o deslocamento sem produção de gás carbônico.

4.2.7 Acessibilidade

Uma construção acessível permite a mobilidade de pessoas com alguma deficiência, ou com visão e audição reduzidas devido à idade senil. Assim, os ambientes devem ser pensados levando-se em conta sua flexibilidade e adaptabilidade.

Legalmente podemos encontrar referências a isto no Decreto 53.485/08, que institui o “Desenho Universal”, ou seja, a criação de habitações acessíveis a todas as pessoas, e em qualquer fase da vida, pois caso haja alguma deficiência pequenas adaptações, a baixo custo, podem ser realizadas na construção, evitando a realocação do morador.

Normatizando esta ideia temos a NBR 9050 que define as condições de projeto para áreas comuns e edifícios públicos, visando à acessibilidade (ABNT, 2004). Como exemplo de requisitos de acessibilidade podemos citar: sinalização visual e tátil, dispositivos de proteção e apoio, e desníveis demarcados por cor e textura.

4.3 Responsabilidade da USP

Vê-se, portanto, que algumas ideias de sustentabilidade, como no caso da acessibilidade e gestão dos resíduos sólidos, estão ligadas apenas à concordância com a legislação brasileira. Outras, como ventilação e iluminação natural, e utilização de produtos regionais consistem em simples práticas construtivas utilizadas a séculos e que atualmente estão retornando aos projetos. Entretanto, para legitimar a sustentabilidade no mercado civil brasileiro muitas tecnologias, notadamente aquelas ligadas ao uso racional da água e à eficiência energética, ainda precisam ser desenvolvidas ou barateadas. Além disso, mudanças na formação universitária da engenharia e arquitetura são essenciais para incentivar a inovação e a interdisciplinaridade requerida por essas construções.

Atrelado a tais necessidades encontram-se as universidades brasileiras, responsáveis pela formação dos profissionais e pelo desenvolvimento de tecnologias. A Universidade de São Paulo, conhecida mundialmente por ser a melhor faculdade do Brasil e a segunda melhor da América Latina, segundo ranking QS de 2014, possui responsabilidade ainda

maior sobre temas como este, que, se bem aplicado, alteraria a paisagem urbana, melhoraria as condições de vida rurais, aumentaria a qualidade de vida dos brasileiros e contribuiria para o desenvolvimento do país.

Em termos de sustentabilidade a USP já possui alguns avanços, a Escola de Engenharia de São Carlos, por exemplo, possui um programa que busca promover a sustentabilidade ambiental nos campi da USP, trata-se do Projeto EESC Sustentável. Suas ações estão ligadas à conservação dos recursos naturais da Universidade, à construção de um ambiente saudável e seguro dentro dos campi, e ao uso racional de recursos. Além disso, propõe o princípio de educar visando à sustentabilidade; construir, de forma participativa, a universidade sustentável; e conduzir a Universidade para tornar-se um modelo de sustentabilidade para a sociedade.

Para alcançar esses objetivos a EESC necessita, devido a transversalidade do tema que hoje engloba todas as profissões, incluí-lo de forma efetiva nos cursos de suas diversas engenharias (aeronáutica, ambiental, civil, de materiais e manufaturas, de produção mecânica, elétrica, mecânica, mecatrônica e computação). Nesse programa a EESC revê o conteúdo das disciplinas, ou seja, está melhorando o componente ensino, o programa de extensão, um exemplo interessante são os diversos projetos aprovados no edital de sustentabilidade realizado pela superintendência de gestão ambiental da USP, que incluem projetos de compostagem de resíduos orgânicos, aproveitamento de água de chuva, entre outros. O programa EESC sustentável também tem comissões voltadas para inserir a sustentabilidade nos processos de gestão da escola: compras verdes, redução de papel nos processos administrativos, banco de informações de boas práticas, entre outros.

Entretanto, para incorporar de forma definitiva a questão da construção sustentável no âmbito da USP é preciso desenvolver ferramentas que apoiem os gestores do campus em seus processos de tomada de decisão, seja na concepção, operação ou desativação das edificações da universidade. Uma ferramenta que pode ser adotada é a certificação, que já vem progressivamente sendo incorporada na gestão das universidades no mundo todo, pode-se citar como exemplos: Universidade Federal do Paraná – Brasil (GREENSAVERS,2013); Valley View – Gana (IÖV, 2013); Universidade Del Istmo - Guatemala (FURUTO,2012).

Portanto, a questão que se coloca neste momento, é como aproveitar e aplicar a experiência internacional e de outras universidades para o contexto da Universidade de São Paulo. A Escola de Engenharia de São Carlos possui professores renomados e alunos interessados para que o tema seja aplicado com sucesso no campus da USP na cidade de São Carlos, notadamente na Área dois, onde muitos prédios deverão ser construídos nos próximos anos.

5 Estudo de Caso

5.1 Caracterização da Área

Atualmente o prédio da engenharia ambiental possui quatro blocos construídos e um em processo construtivo (Figura 5).

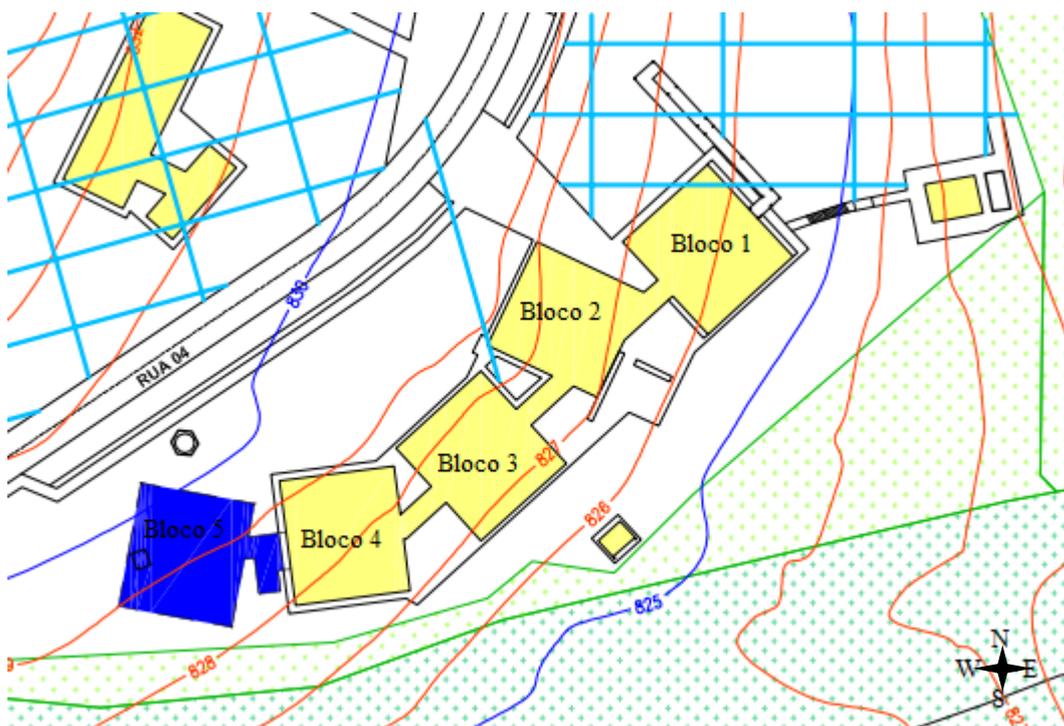


Figura 5 - Implantação do prédio da Eng. Ambiental na Área II do Campus São Carlos
Fonte: Adaptado de Implantação com Malha e Curvas de Nível (2012)

O complexo didático constitui-se de secretaria, salas de aula, anfiteatro, sala de estudo, e laboratórios didáticos (poluição ambiental, biologia/microbiologia, fenômenos de transporte, recursos hídricos, processos e operações unitárias, modelação matemática, análise ambiental, e

geologia e solos); enquanto que os demais espaços são ocupados por laboratórios de pesquisa, não abordados no presente trabalho (Figuras 6 e 7).



Figura 6 - Planta do Prédio da Eng. Ambiental (Térreo)



Figura 7 - Planta do Prédio da Eng. Ambiental (Pavimento superior)

Segundo entrevista com o professor Marcelo Zaiat³, o prédio da engenharia ambiental foi concebido com a finalidade de unir graduandos, pós-graduandos e professores. Em seu projeto inicial, elaborado pelo arquiteto Jorge Caron e reestruturado mais tarde por Gelson de Almeida Pinto. Pensou-se no conforto ambiental, adotando-se grandes janelas para

³ Prof.º Dr.º da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade da São Paulo. Membro do departamento de Hidráulica e Saneamento desde 1999.

entrada de luz (conforto lumínico), e áreas livres para a subida do ar quente, criando-se, assim, uma corrente de ar, ou torre de convecção, para maior conforto térmico.

Contudo, mudanças no seu projeto executivo e percalços em sua obra tornaram-no uma grande estufa, fazendo-se necessária a adoção de ventiladores nas salas de aula e ar condicionado nos laboratórios, mesmo naqueles que não possuem equipamentos que carecem de refrigeração. Em 2013, para tentar melhorar o conforto térmico no prédio realizou-se a troca do telhado dos corredores que conectam os blocos (Figura 9).



Figura 8 - Fotos externas do prédio da Eng. Ambiental
Foto: Thais Firmino Cerveira. 27/09/2013



Figura 9 - Fotos internas do prédio da Eng. Ambiental pós reforma do telhado
Foto: Thais Firmino Cerveira. 27/09/2013

Segundo o setor de obras da USP, a construção do prédio da engenharia ambiental iniciou-se por volta do ano 2004, sendo seu quarto bloco concluído em 2006, e seu quinto bloco, ainda em construção, iniciado em 2013. Na elaboração deste último bloco tentou-se adotar uma política mais alinhada ao conceito de sustentabilidade do que a empregada na construção dos anteriores, como a adoção de energia renovável e aproveitamento da luz solar e da água da chuva.

Os desenhos que possuíam essa abordagem foram, entretanto, cortados pela Superintendência de Espaço Físico (SEF) da Universidade sob o argumento de que eles trariam inviabilidade ao projeto, sem que um estudo detalhado fosse realizado a respeito. As únicas ideias que permaneceram dos princípios da sustentabilidade foram o teto facilitador da convecção do ar; os tijolos de cerâmica para melhor isolamento térmico; e a adoção de vidros e claraboia no segundo andar (Figura 10), para aproveitamento da luz natural, ou seja, os mesmos empregados nos blocos construídos há dez anos.

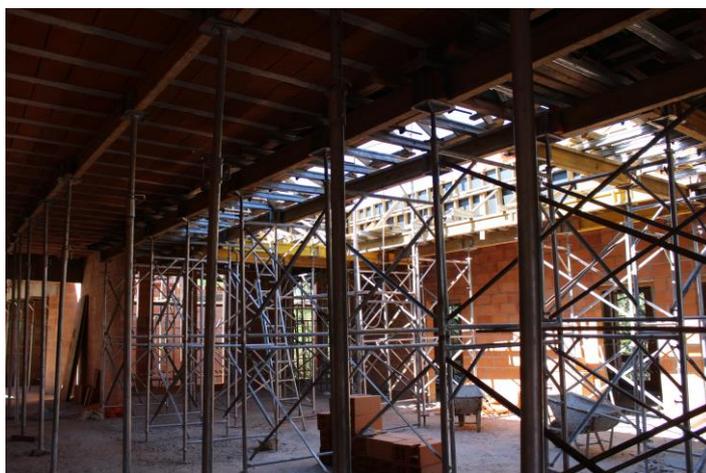


Figura 10 - Construção do segundo andar do sexto bloco do prédio da Eng. Ambiental
Foto: Thais Firmino Cerveira. 27/06/2014

Tratando-se da parte interna do prédio, os dispositivos economizadores de água instalados nos toaletes do bloco didático do prédio incluem: torneiras e descarga dos mictórios com acionamento hidromecânico e fechamento automático; as bacias sanitárias com caixa de descarga acoplada, embora sem duplo acionamento, ou seja, escolha de utilização de 3 ou 6 Litros (Figura 11); e torneiras dos lavatórios com sistema injetor de ar, que aumenta a pressão e reduz o consumo de água.



Figura 11 - Torneira (a), bacia sanitária (b), mictório (c) dos toaletes do prédio da Eng. Ambiental
Foto: Thais Firmino Cerveira. 28/03/2014

5.2 Quantificação do Volume de Água Gasto do Prédio

Para termos conhecimento da quantidade de água demandada nos blocos didáticos da engenharia ambiental, e determinar quais, entre seus diversos usos, eram os maiores consumidores, necessitou-se estimar a quantidade de água utilizada no interior e arredores do edifício. É importante salientar que, devido à falta de hidrômetros nas entradas de água do prédio, não foi possível quantificar o volume real, e sim realizar uma estimativa de consumo.

A comunidade universitária que compõe o bloco didático da engenharia ambiental da USP São Carlos possui 200 alunos (40 por ano); 37 professores; e 8 funcionários. Segundo a grade curricular do curso, obtida do JupiterWeb, a carga horária dos quatro primeiros anos é de, em média, 28 créditos, ou seja, os alunos passam quase $\frac{3}{4}$ da semana no prédio da engenharia ambiental, incluindo período de almoço.

Como os alunos do quinto ano possuem poucas aulas no primeiro semestre e nenhuma no segundo foram excluídos do cálculo. Portanto, considerando que os 160 alunos dos quatro primeiros anos vão nas aulas 28 horas por semana, e que faltas são compensadas pela presença de funcionários e professores, temos que, diariamente, passam pelo prédio da ambiental em torno de 120 pessoas (Equação 1).

$$Pop = 4 \times 40 \times \frac{3}{4} = 120 \text{ pessoas/dia}$$

Equação 1 - Cálculo da população que frequenta o prédio diariamente

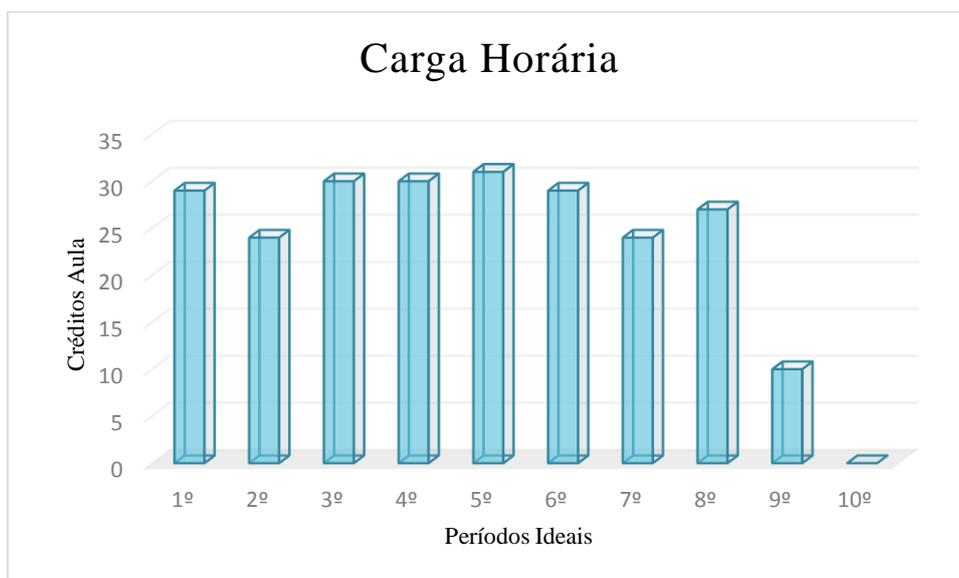


Gráfico 1- Carga horária referente aos alunos cursando o período ideal da engenharia ambiental
Fonte: Adaptado de Grade Curricular (2013)

Para o curso da engenharia ambiental, verificou-se que o número de alunos, quanto ao gênero, segue balanceado, e neste sentido é razoável adotar que dessa população de 120 indivíduos, metade seja homem e a outra mulher. É importante destacar, entretanto, que essa distribuição difere da média dos cursos de engenharia da EESC, cujo anuário estatístico de 2013 aponta para uma população de 1961 homens e 490 mulheres.

5.2.1 Toaletes

Considerando que durante o dia na faculdade cada pessoa use o banheiro três vezes, a cada intervalo e na hora do almoço, sendo que a utilização entre a bacia sanitária e o mictório pelos homens seja razoavelmente igual, portanto 1,5 vezes ao dia. Através das vazões dos aparelhos sanitários estipuladas pelo livro de Instalações Hidráulicas (JÚNIOR, 2013), 6 Litros/descarga para as bacias sanitárias com caixa acoplada e 2,5 Litros/descarga referente aos mictórios, pode-se estimar a quantidade de água utilizada diariamente nos toaletes.

Consumo nos toaletes femininos (Cf):

$$Cf = 60 \times 3 \times 6 = 1.080 \text{ Litros/dia}$$

Equação 2 – Consumo de água das bacias sanitárias nos toaletes femininos

Consumo nos toaletes masculinos (Cm):

$$Cm = (60 \times 1,5 \times 6) + (60 \times 1,5 \times 2,5) = 765 \text{ Litros/dia}$$

Equação 3 – Consumo de água das bacias sanitárias e dos mictórios nos toaletes masculinos

Consumo mensal das bacias sanitárias e mictórios (Cbm), considerando vinte dias de aula por mês:

$$Cbm = (Cf + Cm) \times 20 = (1.080 + 765) \times 20 = 36.900 \text{ Litros/mês}$$

Equação 4 – Consumo de água das bacias sanitárias e dos mictórios

A quantificação da vazão das torneiras foi realizada experimentalmente devido à suspeita de incongruência entre os valores encontrados nos livros e normas dos reais. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 1, sendo a torneira 1 aquela mais próxima à porta, seguindo-se em ordem até a 4, mais próxima à janela. As cédulas em destaque correspondem as torneiras que apresentam problema de regulação segundo a NBR 13.713 que

prevê, para cada acionamento de torneiras automáticas, o consumo de um volume de 0,2 a 1,0L; tempo de funcionamento entre 5 e 10 segundos; e vazão 0,04 a 0,10 L/s.

Tabela 1 - Vazões das torneiras do bloco didático

Banheiro	Torneira	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)
Feminino 1º andar	1	2,6	18	0,14
	2	1,6	11	0,14
	3	1,1	7	0,16
	4	1,2	8	0,15
Feminino térreo	1	1,4	10	0,14
	2	1,3	9	0,14
	3	1,4	10	0,14
	4	1,2	8	0,15
Masculino 1º andar	1	0,6	10	0,06
	2	1,5	8	0,19
	3	1,1	6	0,18
	4	1,1	8	0,14
Masculino térreo	1	0,5	7	0,07
	2	0,7	8	0,09
	3	1,4	7	0,20
	4	1,3	6	0,22
	Média	1,2	8,8	0,14

Com os resultados pode-se observar a vazão real das torneiras instaladas, média de 0,14 L/s, e calcular o volume de água utilizado (Ct). Considerou-se que cada indivíduo lave a mão três vezes ao dia, e que há vinte dias de aula por mês.

$$Ct = (120 \times 3 \times 0,14 \times 8,8) \times 20 = 8.870,40 \text{ Litros/dia}$$

Equação 5 – Consumo de água das torneiras

Dessa forma, o consumo mensal dos toaletes (Ctoal.) é dado por:

$$Ctoal. = Cbm + Ct = 36.900 + 8.870,40 = 45.770,4 \text{ Litros/mês}$$

Equação 6 – Consumo mensal de água dos toaletes



Gráfico 2 - Consumo de água relativo aos Toaletes do Prédio da Engenharia Ambiental

5.2.2 Laboratórios

O material utilizado nas aulas laboratoriais deve, primeiramente, ser lavado com sabão e enxaguado em água corrente, e em seguida lavado com água deionizada, que trata-se de uma água quimicamente pura, ou seja, sem íons. A medição de vazão das torneiras dos laboratórios foi realizada no seu principal estágio de funcionamento, e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Vazões das torneiras dos laboratórios didáticos

Laboratório	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)
Biologia e microbiologia	0,98	11,0	0,089
	0,80	10,0	0,080
	0,76	10,0	0,076
Média	0,85	10,3	0,082
Processos e Operações Unitárias	0,74	10,0	0,074
	0,74	10,0	0,074
	0,62	10,0	0,062
Média	0,70	10,0	0,070
Poluição Ambiental	0,90	10,0	0,090
	0,74	10,0	0,074
	0,72	10,0	0,072
Média	0,79	10,0	0,079
Poluição Ambiental alunos	0,62	18,0	0,034
	0,66	22,0	0,030
	0,64	22,0	0,029
Média	0,64	20,7	0,031

Monitorou-se também, com a ajuda da técnica Juliana, o tempo gasto para lavagem de material das aulas laboratoriais, durante o primeiro semestre de 2014. A partir dele estimou-se a quantidade de água gasta nos laboratórios didáticos (Tabelas 3, 4, 5 e 6).

Tabela 3 - Dados das medições realizadas no Laboratório de Biologia no primeiro semestre de 2014

Biologia			
Data	Tempo (min)	Vazão (L/s)	Gasto (L)
26/mar	25	0,082	123
27/mar	25	0,082	123
09/abr	20	0,082	98,4
10/abr	20	0,082	98,4
07/mai	20	0,082	98,4
08/mai	20	0,082	98,4
28/mai	5	0,082	24,6
28/mai	5	0,082	24,6
18/jun	10	0,082	49,2
		Média	82
		Total (Cb)	738

Tabela 4 – Dados das medições realizadas no laboratório de Microbiologia no primeiro semestre de 2014

Microbiologia			
Data	Tempo (min)	Vazão (L/s)	Gasto (L)
25/mar	5	0,082	24,6
26/mar	5	0,082	24,6
08/abr	5	0,082	24,6
09/abr	5	0,082	24,6
29/abr	15	0,082	73,8
30/abr	20	0,082	98,4
06/mai	20	0,082	98,4
13/mai	20	0,082	98,4
14/mai	20	0,082	98,4
03/jun	5	0,082	24,6
24/jun	30	0,082	147,6
		Média	67,1
		Total (Cmb)	738

Tabela 5 – Dados das medições realizadas no Laboratório de processos e Operações Unitárias no primeiro semestre de 2014

Processos e operações unitárias			
Data	Tempo (min)	Vazão (L/s)	Gasto (L)
25/mar	30	0,07	126
01/abr	10	0,07	42
02/abr	10	0,07	42
13/mai	10	0,07	42
27/mai	5	0,07	21
		Média	54,6
		Total (Cop)	273

Tabela 6 – Dados das medições realizadas no Laboratório de Poluição no primeiro semestre de 2014

Poluição ambiental			
Data	Tempo (min)	Vazão (L/s)	Gasto (L)
27/mar	10	0,079	47,4
28/mar	4	0,031	7,44
08/mai	10	0,079	47,4
16/mai	10	0,079	47,4
		Média	37,41
		Total (Cp)	149,64

Totalizando temos o consumo de água semestral da primeira lavagem (*Cl1*):

$$Cl1 = Cb + Cmb + Cop + Cp$$

$$Cl1 = 738 + 738 + 273 + 149,64 = 1.898,64 \text{ Litros/semestre}$$

Equação 7 – Consumo de água para primeira lavagem dos materiais dos laboratórios didáticos

Calculou-se também o consumo de água potável na produção de água deionizada através do deionizador (Figura 12).



Figura 12 - Deionizador
Thais Firmino Cerveira. (28/03/2014)

Verificou-se que para cada litro de água deionizada produzida 1,2 Litros de água potáveis são descartados. Como se utiliza em torno de 5 Litros de água deionizada por aula, e sabendo-se que houve 29 aulas no semestre, pode-se concluir que foram gastos 145 Litros de água deionizada, e descartados 174 Litros através do processo de deionização.

Totalizando-se os gastos da segunda lavagem, temos como gasto semestral (*Cl2*):

$$Cl2 = 145 + 174 = 319 \text{ Litros/semestre}$$

Equação 8 – Consumo de água para segunda lavagem dos materiais dos laboratórios didáticos

Portanto, o consumo de água mensal dos laboratórios, considerando quatro meses de aula didática laboratorial, é dado por:

$$Clab = \frac{Cl1 + Cl2}{4} = \frac{1.898,64 + 319}{4} = 554,41 \text{ Litros}$$

Equação 9 – Consumo mensal de água dos laboratórios didáticos

5.2.3 Limpeza

Para limpeza das salas da aula e corredores utiliza-se diariamente 10 baldes de 15 Litros, totalizando-se 150 Litros/dia, portanto 3.000 Litros/mês.

Na lavagem dos banheiros, que também ocorre todos os dias da semana, gastam-se dois baldes de 15 Litros para cada um dos quatro existentes na parte didática do prédio, ou seja, consome-se 120 Litros de água/dia, portanto 2.400 Litros/mês.

A lavagem do pátio externo é realizada através das torneiras de jardim cujas vazões médias são de 0,41 L/s e 0,34 L/s. Sabendo-se que em média gasta-se 20 minutos para lavar essa área, calcula-se o consumo de água por lavagem do pátio (*Cp*)

$$Cp = \left(\frac{(0,41+0,34)}{2} \right) \times 20 \times 60 = 450 \text{ Litros/lavagem}$$

Equação 10 – Consumo de água para lavagem do pátio

Sabendo-se que a frequência de lavagem do pátio é de um dia sim e outros não, temos que em 10 dias do mês ocorrerá lavagem. Totalizando 4.500 Litros/mês.

Assim, o total de água gasto para limpeza por mês, será dado por:

$$\text{Climp.} = 3.000 + 2.400 + 4.500 = 9.900 \text{ Litros/mês}$$

Equação 11 – Consumo mensal de água para limpeza

5.2.4 Jardins

Para rega dos jardins, que ocorre em média duas vezes na semana, utilizam-se as mesmas torneiras citadas anteriormente, sendo que, por rega, ligam-se, em média, por 15 minutos a torneira com vazão de 0,41 L/s e 40 minutos a de 0,34 L/s. Assim, o gasto mensal de água utilizado nos jardins é dado por:

$$\text{Cjard.} = 2 \times 4 \times ((0,41 \times 15 \times 60) + (0,34 \times 40 \times 60)) = 9.480 \text{ Litros/mês}$$

Equação 12 – Consumo mensal de água para rega dos jardins

5.3 Resultados

A tabela 7 traz o resumo da demanda quantificada no edifício da engenharia ambiental.

Tabela 7 - Resumo do consumo mensal de água no prédio da engenharia ambiental

Atividade	Consumo (L)	Consumo per capita (L/pessoa)
Toaletes	45.770	381
Laboratórios	554	5
Limpeza	9.900	82
Jardins	9.480	79
Total	65.704	548

Portanto, chegou-se a um consumo de 27,4 L/pessoa/dia no prédio da engenharia ambiental. Dados do Programa de Uso Racional da Água da USP (PURA) revelam que unidades com uso típico humano possuem demanda de até 40L/pessoa/dia, enquanto que aquelas que possuem uso misto, ou seja, uso humano e laboratorial, de 41 a 90 L/pessoa/dia. Como o número de aulas nos laboratórios didáticos é pequeno e seu consumo de água irrisório perto dos demais, podemos considerar os blocos da engenharia ambiental uma unidade de uso tipicamente humano, o que colocaria os valores encontrados dentro do esperado pelo programa da USP.

Já o livro Instalações Hidráulicas de Roberto Júnior apresenta o valor de 100L/pessoa/dia para semi-internatos, ou seja, locais onde o aluno permanece quase todo o

dia, como no caso do edifício estudado. Vê-se, portanto, que apesar dos resultados apresentarem um consumo considerável, essa estimativa pode estar subdimensionada, o que pode ser verificado mediante colocação de hidrômetros nas entradas de água no edifício.

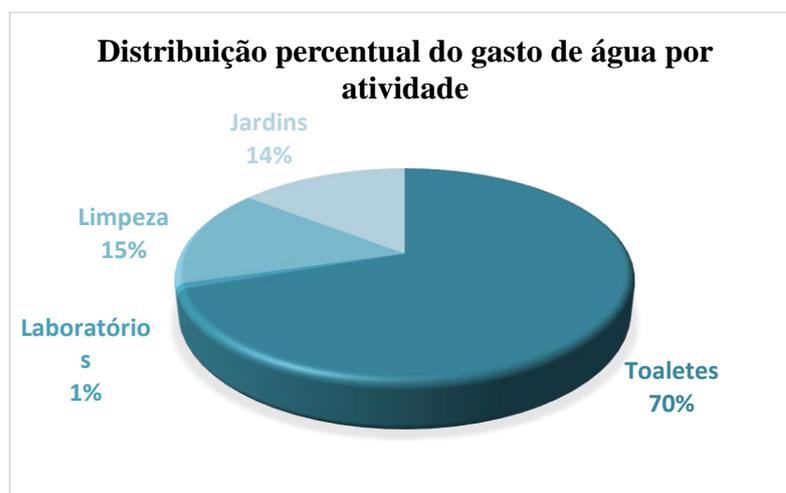


Gráfico 3- Consumo de água relativo às atividades monitoradas no prédio da engenharia ambiental

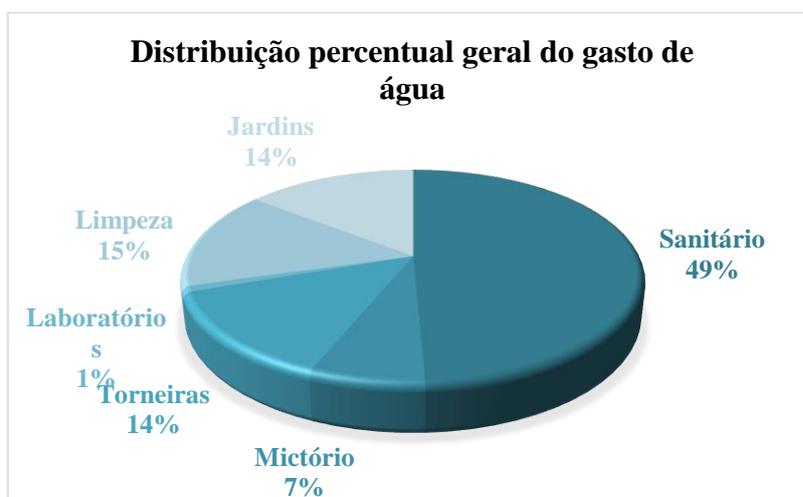


Gráfico 4 - Consumo de água geral do prédio da engenharia ambiental

6 Soluções propostas

6.1 Gestão de demanda

Para os usos que já possuem dispositivos economizadores de água, torneiras dos banheiros e mictórios, propõe-se um sistema de monitoramento e manutenção que vise entrar em consoante com as normas brasileiras. Isto se deve a constatação da deficiência em 81,25% das torneiras dos toaletes da engenharia ambiental em relação a NBR 13.713, evidenciando que o emprego desses sistemas sem a devida assistência acaba por anular a economia prevista, ou, até mesmo, aumentar o consumo de água.

Os laboratórios didáticos, apesar de não possuírem significativo consumo de água em relação aos demais usos do prédio, são importantes para conscientização dos estudantes quanto ao uso racional dos recursos hídricos. Assim, pode-se incluir nas aulas sugestões de formas de lavagem dos materiais visando à economia de água, a fim de que a comunidade estudantil aplique tais conhecimentos também em suas residências. Para o desperdício de água no deionizador propõe-se o estudo de formas de recirculação ou reutilização da água descartada.

Em termos mais amplos, faz-se importante a adoção de um programa de sensibilização da comunidade acadêmica para o uso racional da água. Pode-se utilizar cartazes e aulas informativas com números ilustrativos dos gastos per capita e per instituto; explicações de como alta densidade demográfica afeta o abastecimento do Estado de São Paulo; o atual estado das reservas de água potável do país; e modos de economia a serem aplicados no dia a dia dos estudantes, funcionários e professores.

Paralelo a isto, a comunidade universitária deve pressionar os tomadores de decisão para alterar a concepção da construção e manutenção da universidade, buscando alinhá-las aos requisitos de sustentabilidade.

6.2 Gestão de oferta

Como dito anteriormente, o presente trabalho abordou, como métodos de gestão de oferta, a utilização de águas cinzas e a captação de água da chuva. Ambas possuem como vantagem a redução da demanda por água potável, e conseqüente diminuição da pressão sobre os recursos hídricos; a minimização dos gastos com captação, tratamento e

distribuição de água pela rede; e a redução dos custos com abastecimento de água dos usuários. Apresentando, dessa forma, ganhos sociais, ambientais e econômicos relevantes à sociedade e ao Estado.

A reutilização de águas cinzas, entretanto, emprega efluentes provenientes de chuveiros, pias e lavagem de roupas, sendo, portanto, mais viável para empreendimentos residenciais. Além disso, o aproveitamento de água cinza requer tratamento dos efluentes e alteram significativamente o sistema de água e esgoto do prédio, sendo de difícil implantação em construções já instaladas e habitadas. Por essas razões a autora deste trabalho de graduação verificou que tal solução não se aplicaria ao caso estudado.

Quanto à captação e utilização da água pluvial, além dos benefícios descritos acima, ainda contribui para amortização das vazões de pico em eventos chuvosos, reduzindo a ocorrência de enchentes. Além disso, o estudo realizado no consumo de água do edifício da engenharia ambiental apontou que os maiores gastos encontram-se nos toaletes (65%), jardins (17%) e limpeza (17%), sendo que nos toaletes as bacias sanitárias são responsáveis por 71% do consumo de água. Tais usos, são exatamente para os quais pode-se adotar abastecimento por água de chuva, sendo, portanto, o sistema avaliado pela autora neste trabalho de graduação.

O sistema de coleta de água pluvial deve ser constituído de calhas e condutores para transporte da água drenada; dispositivos de descartes de sólidos; dispositivos de desvio das primeiras águas (*first flush*⁴); reservatório de armazenamento de água de chuva; reservatório de auto-limpeza; dispositivos de proteção sanitária dos reservatórios; sistema hidráulico separado e aparente para águas pluviais com registros na entrada para alimentação e padronizado por cor. Seu esquema simplificado pode ser observado na Figura 13.

⁴ Segundo Tomaz (2009, p.3), o *first flush* é dado pelas primeiras águas, responsáveis pela limpeza dos telhados e que deve ser descartada. Pesquisas mostram que o valor de descarte varia de 0,4 L/m² a 8,0 L/m² de telhado; mas na falta de dados do local pode-se utilizar valores de 2,0 L/m².

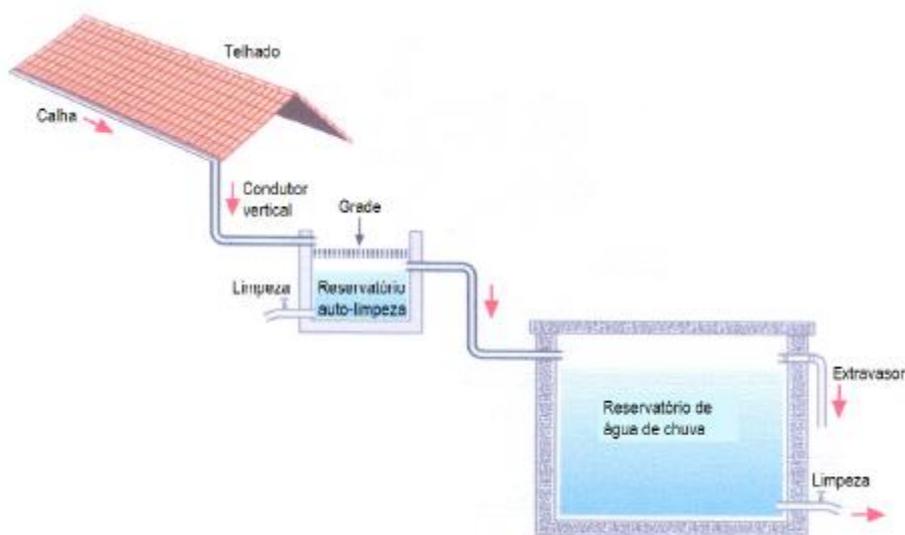


Figura 13 - Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de autolimpeza
 Fonte: Tomaz (2009, p.8)

A desinfecção e monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva dependerá dos usos para os quais ela se destinará. Caso seja necessário desinfetar essa água pode-se utilizar hipoclorito de sódio, raio ultravioleta, ozônio, entre outros. Se houver ainda a necessidade de se ter cloro residual, deve-se usar hipoclorito de sódio, com cloro residual livre entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

O monitoramento, por sua vez, pode ser realizado segundo os valores indicados pela tabela 8. Segundo Tomaz (2009, p.6), o preço das análises no Instituto Adolfo Lutz de São Paulo para coliformes totais e termotolerantes é de R\$ 40,00/amostra; e para cor aparente, turbidez e cloro residual livre de R\$ 20,00/amostra.

Tabela 8 - Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT.
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante ou antes da sua utilização).	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

NOTAS: uT é a unidade de turbidez; uH é a unidade Hazen.

Fonte: Plinio Tomaz.

Se necessário bombeamento, deve-se atender a ABNT NBR 12214/92, observando as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

Para manutenção do sistema recomenda-se utilizar a tabela 9.

Tabela 9 - Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Plínio Tomaz

O prédio da engenharia ambiental da USP São Carlos, no período desta pesquisa, não possuía sistema de captação de água de chuva ou reuso de água. A fim de avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva realizou-se uma quantificação aproximada do consumo de água dos blocos didáticos e o dimensionamento de um sistema de captação para o mesmo, tomando como referências bibliografias na área e normas da ABNT.

Como já existem calhas e condutores verticais na área (Figura 14), será necessário apenas dimensionar os reservatórios de auto-limpeza e de armazenamento da água. Primeiramente determinou-se a área do telhado do prédio da eng. Ambiental a partir da planta dos quatro blocos já construídos, disponibilizados pelo departamento de obras da universidade, utilizando-se do programa AUTOCAD. Assim, cada bloco possui aproximadamente 394,4 m².



Figura 14 - Calhas e condutores verticais do prédio da engenharia ambiental
Foto: Thais Firmino Cerveira. 28/03/2014

6.2.1 Volume de Chuvas

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de runoff e da eficiência do sistema de descarte do *first flush*, e pode ser calculado pela equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

Onde:

- V= volume mensal de água de chuva aproveitável, em Litros;
- P= precipitação média mensal, em milímetros;
- A= área de coleta, em metros quadrados;
- C=coeficiente de *runoff*.
- η fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do *first flush*.

A precipitação média mensal foi calculada a partir dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), utilizando-se da principal estação meteorológica de São Carlos, e dos dados de 1970 a 2012, excetuando-se o ano de 1985, do qual não havia dados.

A área de coleta considerada foi a dos três blocos que constituem a parte didática do prédio, somando-se 1.183,2m². Devido a falta de dados referente ao coeficiente de runoff, e a eficiência do sistema de captação, adotou-se, segundo Tomaz (2009, p.5), “C x η fator de captação = 0,80”. Os resultados estão apresentados na tabela 10 e no Gráfico 5.

Tabela 10 - Volume de água de Chuva Aproveitável

Mês	Média (1970-2012) [mm]	Volume mensal aproveitável [L/mês]	Volume mensal aproveitável [m³/mês]
<i>Janeiro</i>	288,12	272722,87	272,72
<i>Fevereiro</i>	212,82	201446,90	201,45
<i>Março</i>	172,94	163698,09	163,70
<i>Abril</i>	84,37	79861,27	79,86
<i>Maio</i>	63,68	60276,94	60,28
<i>Junho</i>	43,53	41203,76	41,20
<i>Julho</i>	33,12	31350,07	31,35
<i>Agosto</i>	33,13	31359,53	31,36
<i>Setembro</i>	66,21	62671,74	62,67
<i>Outubro</i>	120,6	114155,14	114,16
<i>Novembro</i>	154,03	145798,64	145,80
<i>Dezembro</i>	258,77	244941,33	244,94

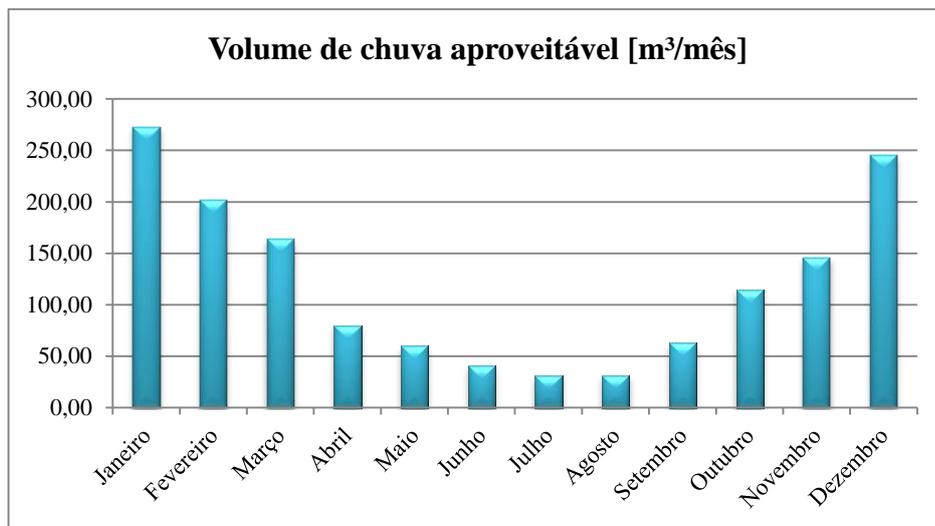


Gráfico 5 - Chuva aproveitável por mês

6.2.2 Volume de Reservação

Como visto no item 4.1 (Quantificação do Volume de Água Gasto do Prédio) a maior quantidade de água consumida no edifício da engenharia ambiental se dá nas bacias sanitárias, 38 m³/mês; nos jardins, 10m³/mês; e na realização da limpeza, 9 m³/mês. Tais usos, que somam quase 60 m³ de água por mês, são exatamente para os quais a utilização da água da chuva é indicada.

Pelo Gráfico 5 acima podemos verificar que o volume de chuva aproveitável para a aplicação proposta apenas não seria suficiente nos meses de Junho, Julho e Agosto. Sabe-se, entretanto, que o mês de Julho é o período de férias dos alunos, conseqüentemente o consumo de água no prédio é muito menor.

O dimensionamento do reservatório foi realizado utilizando-se o Método da Simulação do Balanço Hídrico (ABNT NBR 15527/07) que consiste num balanço de massas através da contabilização de entradas e saídas do reservatório, desconsiderando a evaporação da água da chuva.

O método utiliza a equação: $St = Qt + St-1 - Dt$

Onde:

- St = Volume de água no reservatório no tempo “t”;
- $St-1$ = Volume no reservatório no tempo “t-1”;
- Qt = entrada de água dada pelo volume de chuva aproveitável;
- Dt = demanda ou consumo no tempo “t”.

Para aplicação do método deve-se, inicialmente, adotar um volume base de reservatório, com base no trabalho de Moreira (2014), “Avaliação da viabilidade de consumo de água não potável proveniente de sistemas de captação de água de chuva no Campus I, da Universidade de São Paulo, em São Carlos”, adotou-se o valor de 10m³. A Tabela 11 abaixo mostra que o reservatório escolhido atende 10 meses do ano, ou seja, 83% da demanda necessária, sendo, portanto, indicado para o uso. É importante destacar que para Julho, mês de férias, considerou-se um volume de consumo de apenas 10 m³ devido a redução das atividades de limpeza, rega dos jardins e utilização dos aparelhos sanitários.

Tabela 11 - Método da Simulação para reservatório de 10m³

Mês	Volume mensal aproveitável (Q _t) [m ³ /mês]	Volume reservatório (V) [m ³]	Volume consumido (D _t) [m ³ /mês]	Volume reservado no começo do mês (S _{t-1}) [m ³]	Volume reservado no final do mês (S _t) [m ³]
<i>Janeiro</i>	272,72	10	60	0	10
<i>Fevereiro</i>	201,45	10	60	10	10
<i>Março</i>	163,7	10	60	10	10
<i>Abril</i>	79,86	10	60	10	10
<i>Mai</i>	60,28	10	60	10	10
<i>Junho</i>	41,2	10	60	10	-8,8
<i>Julho</i>	31,35	10	10	0	10
<i>Agosto</i>	31,36	10	60	10	-18,64
<i>Setembro</i>	62,67	10	60	0	2,67
<i>Outubro</i>	114,16	10	60	2,67	10
<i>Novembro</i>	145,8	10	60	10	10
<i>Dezembro</i>	244,94	10	60	10	10

O volume o reservatório de descarte, por sua vez, foi dimensionado segundo referência do Dadach (1990) que aborda valores entre 0,8 e 1,5 L/m² da superfície de coleta de água de chuva. Como dito anteriormente, a área de coleta considerada foi a dos três blocos que constituem a parte didática do prédio, somando-se 1.183,2m². Assim, adotando-se 0,8 Litros para cada m² temos um volume de 946,56 Litros, extrapolando esse valor para um número comercial pode-se empregar um reservatório de 1000 Litros.

Deve-se também implantar uma caixa d'água de 1000 Litros numa cota em que a pressão dinâmica, ou seja, em regime de escoamento, não seja inferior a 0,5 m.c.a. em qualquer ponto da rede predial de distribuição, segundo a NBR 5626. O abastecimento dessa caixa d'água ocorrerá por recalque da água reservada na cisterna através de sistema motor-bomba, contudo, nos dois meses em que o volume reservado não é suficiente para suprir a demanda, ela deve ser abastecida por água potável da rede, sendo necessário, portanto, conectá-los. Entretanto, deve-se garantir que não haja possibilidade de entrada de água pluvial na rede de água potável.

6.2.3 Custo

Os preços dos acessórios utilizados para captação e armazenamento de água de chuva alteram-se significativamente em relação às marcas e lojas que podem ser encontradas. Como já existe o sistema de calhas e condutores verticais só será necessário contabilizar o custo do reservatório de descarte, cisterna, caixa d'água pluvial, conjunto motor-bomba, e adaptações na rede de abastecimento das torneiras de jardim, vasos sanitários e mictórios.

Dessa forma, realizou-se uma estimativa de custo de implantação do sistema no prédio da engenharia ambiental. Os valores dos produtos foram obtidos em lojas de construção civil, enquanto que os gastos com as adaptações da rede, incluindo os serviços necessários, foram baseados no trabalho do Professor Ceccantini, "Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB – USP", por serem dados já relacionados com a USP e seu processo de licitação. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12- Custo do sistema de captação de água de chuva

Produto	Custo
Reservatório de descarte de 1.000 Litros	R\$ 500,00
Cisterna de 10.000 Litros já equipada com filtro de água, registro de esfera, filtro de água de chuva, conjunto de sucção com flutuador, sifão/ladrão, freio-d'água e gaxeta 100 milímetros	R\$ 7.250,00
Caixa d'água pluvial	R\$ 350,00
Conjunto motor-bomba	R\$1.000,00
Adaptações na rede de abastecimento	R\$ 6.000,00
Total	R\$ 15.100,00

É importante destacar que hoje o prédio da engenharia ambiental capta água de um poço localizado no próprio campus, dessa forma não há cobrança de tarifa sobre ela. Contudo, a cobrança pelo uso da água, previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos, já está sendo implementada na bacia Tietê-Jacaré, a qual São Carlos pertence, fazendo-nos acreditar que em breve a Universidade de São Paulo deverá arcar com seu elevado consumo de água.

Considerando a atual tarifa do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos), para os estabelecimentos públicos encontrados no site (Tabela 13), temos que, com o sistema de captação de água de chuva proposto, haveria a redução da faixa de consumo

de 61 a 100m³ para a de 0 a 10m³ (considerando-se apenas a água utilizada nas torneiras dos toaletes e nos laboratórios), o que faria a taxaço mensal passar de R\$723,5 para R\$5,9.

Tabela 13 - Tarifa do SAAE para os estabelecimentos públicos

Faixa	Tarifa Água	Tarifa Esgoto
De 0 a 10m ³	R\$ 2,52/m ³	R\$ 1,76/m ³
De 11 a 15m ³	R\$ 4,05/m ³	R\$ 2,84/m ³
De 16 a 25m ³	R\$ 6,02/m ³	R\$ 4,21/m ³
De 26 a 40m ³	R\$ 8,38/m ³	R\$ 5,87/m ³
De 41 a 60m ³	R\$ 9,70/m ³	R\$ 6,79/m ³
De 61 a 100m ³	R\$ 11,32/m ³	R\$ 7,92/m ³
Acima de 100m ³	R\$ 13,34/m ³	R\$ 9,34/m ³

Fonte: <http://www.saaesaocarlos.com.br/>

Essa economia de R\$717,6 por mês, faria o sistema se pagar em apenas 21 meses, tornando sua aplicação viável e trazendo benefícios econômicos para a Universidade de São Paulo.

7 Conclusões

A crescente degradação dos recursos hídricos, devido à poluição dos corpos d'água, ao consumo irracional, às perdas no sistema de distribuição e a ineficiente gestão das águas no Brasil, revela a necessidade de melhorias no gerenciamento das águas brasileiras e da busca por fontes alternativas de abastecimento. A utilização da água de chuva além de resguardar água potável para usos nobres; traz economia para o sistema de abastecimento público uma vez que diminui os custos com captação, tratamento, reservaço e distribuição de água; e auxilia na reduço das enchentes em centros urbanos.

Embora traga muitos benefícios e possua tecnologias disponíveis no mercado brasileiro, a captação de água de chuva ainda precisa ser estudada a fim de tornar a tecnologia e formas de manutenção mais economicamente atrativas, e socialmente justas. Para tanto, a atuação da USP, como instituição estadual e referência no mundo em pesquisas e formação de profissionais, faz-se extremamente necessária e importante no que tange aos interesses nacionais e internacionais referentes à tecnologia e educação.

No prédio da Engenharia Ambiental da USP São Carlos, cujo curso atualmente volta-se para o estudo de estaçoões de tratamento de água e de esgoto, a adoçoão de um sistema de

captação de água de chuva, além de economizar esse importante recurso natural, teria o papel de exemplificar e acrescentar vivências práticas aos alunos da graduação e pós-graduação, servindo como laboratório para estudos e pesquisas relacionadas ao tema. Além disso, a instituição seria vista também como exemplo de preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

Como mostrado no trabalho, a captação de água de chuva no prédio da engenharia ambiental poderia abastecer os vasos sanitários e mictórios, e ser utilizada para limpeza e rega dos jardins, o que reduziria 85% do consumo de água do edifício.

O Método da Simulação do Balanço Hídrico mostrou que há viabilidade técnica para implantação do sistema devido as características pluviométricas da região e do potencial de captação do telhado. Além disso, a análise dos custos resultou não só na viabilidade econômica do projeto, mas também em economias consideráveis para a universidade após a implantação da cobrança pelo uso da água proposta pela Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Esse dinheiro economizado poderia ser revertido em trabalhos de extensão para a comunidade, criando-se, por exemplo, um programa de implantação de captação de água de chuva nos bairros carentes instalado próximos a Área dois do campus, como o Santa Angelina. Ou seja, cumprindo seu papel de retornar para a sociedade os conhecimentos adquiridos na universidade, os alunos da USP poderiam aprimorar sua formação dedicando-se a uma ação que traria diversos benefícios ambientais, sociais e econômicos não só aos moradores da região, como também a toda população São Carlense.

Em relação a todos os campi da USP, faz-se extremamente necessário a instalação de registros de leitura de água nas entradas de alimentação de seus edifícios, a fim de avaliar o consumo da universidade e auxiliar a implantação de programas de gestão de oferta e demanda de água dentro da universidade.

8 Referências Bibliográficas

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. NBR 9050: **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 13713: **Instalações hidráulicas prediais - Aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR 13969: **Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 307 de 05 de Julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília, 2002.

CARNEIRO, A. P.; CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável); SECOVI-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo). **Conduas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. 2011. Disponível em http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/Projeto/CBCS_Secovi_Conduas_Sustentabilidade.pdf Acesso em: 20/07/2014.

CECCANTINI, G. C.; BARBOSA H. L. **Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB - USP**. São Paulo, 2013.

DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. EDC - Editora Didática e Científica. São Paulo, 1990.

ECOLOGICAL ENGINEERING SOCIETY (IÖV). **Project description: Ecological Cycle Management at Valley View University in Accra (Ghana)**. Disponível em <http://www.ioev.de/projekt_VVU_Accra_e.html> Acesso em 01/02/2013.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). **Brasil 2022: Planejar, Construir, Crescer**. In Construbusiness 2012 – Congresso Brasileiro da Construção (10ª Edição). São Paulo, 2012. Disponível em <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/10o-construbusiness-2012-caderno-tecnico-portugues/> Acesso em 20/07/2014.

FURUTO, A. "**Universidad del Istmo Master Plan and Implementation / Sasaki Associates**" 30 Mar 2012. ArchDaily. Disponível em <<http://www.archdaily.com/221727>> Acesso em 01/02/2013.

GODOI, B. C. S. **Requisitos de Sustentabilidade para o Desenvolvimento de Projetos Residenciais Multifamiliares em São Paulo**. São Paulo, 2012.

GREENSAVERS. **Universidade brasileira constrói prédio sustentável**. Disponível em <<http://greensavers.sapo.pt/2011/07/12/universidade-brasileira-constroi-predio-sustentavel/>> Acesso em 01/02/2013.

JOHN V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro**. ANTAC - Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. 2001.

JÚNIOR, R. C. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: Blucher, 2013.

LAURIANO, L. A. **O Governo e o Mercado de Construção Sustentável: Principais Desafios**. 2012.

MARQUES, F. M. e SALGADO, M. S. **Padrões de sustentabilidade aplicados ao processo de projeto**. 2007

MOREIRA, F. B. **Avaliação da viabilidade de consumo de água não potável proveniente de sistemas de captação de água de chuva no Campus I, da Universidade de São Paulo, em São Carlos**. São Carlos, 2014

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**, 2009.

USP. **Grade Curricular. Curso: Engenharia Ambiental.** Disponível em <https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=18&codcur=18030&codhab=0&tipo=N> Acesso em 20/08/2013

USP. **Implantação com Malha e Curvas de Nível,** 2012. Disponível em http://www.ccsc.usp.br/arquivos/Campus_2_Malhas_e_Curvas.pdf> Acesso em 20/07/2014.