

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



**Sustentabilidade e Gestão Ambiental**

Grupo 1

**Alunos:**

Luis Felipe Peres Bucatern<sup>o</sup>USP: 7174442

Rafael dos Santos Ferrer n<sup>o</sup>USP: 7174251

Raul Cassaron<sup>o</sup>USP: 7243219

Thais Firmino Cerveira n<sup>o</sup> USP: 7174481

**São Carlos, 4 de Julho de 2014**



## Resumo Executivo

Tratando-se de construções sustentáveis, a Universidade de São Paulo, embora conhecida mundialmente por ser a melhor faculdade do Brasil e a segunda melhor da América Latina (ranking QS e 2014), ainda encontra-se atrasada em relação à aplicação dos princípios da sustentabilidade. Enquanto outras universidades brasileiras, como a Universidade Federal de Santa Catarina e a Universidade Federal do Paraná, avançam em pesquisas e obtenção de certificações mundialmente conhecidas, a USP insiste em implantar novos campi com a mesma concepção daqueles construídos há mais de 50 anos.

Outra problemática da USP é a falta de manutenção dos poucos instrumentos sustentáveis adotados por ela, como, por exemplo, torneiras e válvulas de mictório com acionamento hidromecânico e fechamento automático, que acabam por desperdiçar grandes volumes de água, importante recurso natural e essencial à vida e que se encontra cada vez mais escasso.

Dessa forma, é extremamente necessário criar oportunidades de estudos e pesquisas relacionados a edificações sustentáveis a fim de subsidiar a inserção da Universidade de São Paulo no tema, para que esta possa contribuir com novas tecnologias para o mercado, cada vez mais rigoroso com as questões ambientais e sociais, e servir como exemplo para a comunidade brasileira.

A fim de auxiliar esse objetivo, o presente trabalho busca propor parâmetros e critérios que ajudem a instrumentalizar uma política ambiental da USP que inclua a questão das edificações sustentáveis. Para tanto se utilizou como estudo de caso o prédio da engenharia ambiental, localizado na área dois do campus – Avenida João Dagnone, nº 1100 - Jardim Santa Angelina. CEP 13563-120 - São Carlos – SP.

Primeiramente o trabalho avalia o que são construções sustentáveis e o porquê delas serem tão necessárias na atualidade, e, a partir disso, explica-se como o tema funciona dentro na USP. Em seguida detalha-se todo o ciclo da construção, englobando-se projeto, obra, funcionamento e desativação; e explicando em cada um deles o que pode ser realizado ou adotado para tornar as construções menos impactantes, com embasamento nas legislações brasileiras e exemplos de outras universidades.

No projeto abordaram-se todos os temas ligados a sustentabilidade de um edifício: água; energia; conforto lumínico, acústico e térmico; e acessibilidade. Os materiais utilizados, os resíduos e os impactos das construções foram tratados no capítulo de obra, por ser nessa fase em que ocorrem as maiores escolhas dos materiais, apesar de esses já serem pensados em projeto, pois muitas mudanças são realizadas quando na execução do edifício.

Ações de monitoramento e manutenção estão presentes no capítulo de funcionamento, a fim de aumentar o tempo de vida da edificação e evitar sua depreciação. Quando isso já não for possível deve-se adotar a desativação racional do edifício, empregando a reciclagem dos produtos resultantes da demolição para a construção de novos edifícios.

A partir de tudo que foi estudado e elucidado anteriormente pode-se criar um fluxograma básico das etapas das construções civis dentro da universidade, e um quadro geral dos possíveis impactos gerados em todo o processo construtivo, que

posteriormente foi preenchido com base em nosso estudo de caso para ilustrar possíveis mitigações que podem ser realizadas no local. Há também uma contextualização e explicação de como se deu a concepção do prédio da engenharia ambiental, sua construção e problemas associados.

# Sumário

<b>1. Contextualização.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Objetivo .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Justificativa.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Plano de Trabalho.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Mapeamento da Legislação Pertinente.....</b>	<b>11</b>
<b>6. Modelos e Critérios Rumo a Sustentabilidade.....</b>	<b>14</b>
<b>7. Políticas Sustentáveis Presentes na Universidade de São Paulo.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Ciclo de Construção e Identificação de Parâmetros .....</b>	<b>17</b>
<b>8.1 Projeto .....</b>	<b>17</b>
<b>8.1.1 Água.....</b>	<b>18</b>
<b>8.1.2 Energia .....</b>	<b>18</b>
<b>8.1.3 Conforto Ambiental .....</b>	<b>19</b>
<b>8.1.4 Acessibilidade .....</b>	<b>20</b>
<b>8.2 Obra.....</b>	<b>21</b>
8.2.1 Materiais da Construção Civil, Técnicas Construtivas e Arquitetura .....	21
8.2.2 Técnicas Construtivas e Arquitetura .....	21
8.2.3 Materiais.....	22
8.2.4 Resíduos da Construção Civil .....	23
8.2.5 Impactos de uma Construção Civil .....	25
<b>8.3 Funcionamento .....</b>	<b>25</b>
<b>8.4 Desativação .....</b>	<b>25</b>
<b>9 Quadro de Referência .....</b>	<b>25</b>
<b>10 Fluxograma.....</b>	<b>29</b>
<b>11 Avaliação do prédio da engenharia ambiental como estudo de caso .....</b>	<b>30</b>
<b>12 Exemplo de Aplicação .....</b>	<b>35</b>
<b>13 Discussão Crítica.....</b>	<b>36</b>
<b>14 Bibliografia .....</b>	<b>37</b>

## **Lista de Figuras**

Figura 1- Impactos e Custos no ciclo da Construção Civil .....	17
Figura 2- Fluxograma - Processo para edificações.....	29
Figura 3- Segundo andar do sexto bloco do prédio .....	31
Figura 4 - Dispositivos economizadores de água .....	31
Figura 5- Fachada do prédio da Engenharia Ambiental da USP São Carlos .....	31
Figura 6- Caçamba em frente ao prédio da Engenharia Ambiental .....	32
Figura 7- Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza. ....	36

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1- Plano de Trabalho .....	10
Tabela 2-Normas Pertinentes a Construções Sustentáveis.....	11
Tabela 3-Leis Pertinentes a Construções Sustentáveis.....	14
Tabela 4-Possíveis Impactos de um processo construtivo e avaliação dos mesmos .....	27
Tabela 5-Aplicação para o estudo de caso .....	33

## **1. Contextualização**

O conceito de construção sustentável busca reduzir os impactos negativos das construções sobre o meio a partir da análise do ciclo de vida do empreendimento, ou seja, projeto, uso, manutenção, renovação e desmonte. (EDWARDS, 2004). Assim, a sustentabilidade de um edifício está ligada a sua autossuficiência, como geração de energia e reaproveitamento da água; aos materiais empregados em sua construção e manutenção, levando-se em conta seu processo de fabricação, transporte, reaproveitamento e disposição.

As construções sustentáveis prezam, ainda, pela salubridade e conforto dos ambientes, ligados ao clima local, a forma, as técnicas e aos materiais empregados. Quando realizado com sucesso, o conforto ambiental contribui para melhoria da qualidade de vida das pessoas, e reduz o consumo de recursos energéticos, notadamente aqueles não renováveis. Uma obra sustentável, entretanto, não deve ser apenas ambientalmente correta, mas também presar pelo social e econômico, ou seja, cabe lembrar também da importância da acessibilidade, das condições de trabalho e dos direitos trabalhistas. (CAVALCANTE, 2011).

Segundo o CIB (Conselho Internacional de Construção) o setor de construções é o que mais consome recursos naturais e utiliza a energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Há estudos estimativos que apontam que 50% dos resíduos gerados pelas atividades humanas são provenientes da construção civil. No Brasil, as estatísticas ainda não permitem estabelecer um fluxo da utilização de materiais na economia, o que torna difícil quantificar o consumo da cadeia da construção. No entanto, sabe-se que as perdas de materiais além dos impactos causados pelos grandes volumes de extração de matérias primas são inúmeras. Grandes são os desafios para se alcançar a construção civil, contudo é fundamental que se pense diversos aspectos a serem incorporados na construção sustentável.

O conceito de construção sustentável busca reduzir os impactos negativos das construções sobre o meio a partir da análise do ciclo de vida do empreendimento, ou seja, projeto, uso, manutenção, renovação e desmonte. Assim, a sustentabilidade de um edifício está ligada a sua autossuficiência, como geração de energia e reaproveitamento da água; aos materiais empregados em sua construção e manutenção, levando-se em conta seu processo de fabricação, transporte, reaproveitamento e disposição.

As construções sustentáveis prezam, ainda, pela salubridade e conforto dos ambientes, ligados ao clima local, a forma, as técnicas e aos materiais empregados. Quando realizado com sucesso, o conforto ambiental contribui para melhoria da qualidade de vida das pessoas, e reduz o consumo de recursos energéticos, notadamente aqueles não renováveis. Uma obra sustentável, entretanto, não deve ser apenas ambientalmente correta, mas também presar pelo social e econômico, ou seja, cabe lembrar também da importância da acessibilidade, das condições de trabalho e dos direitos trabalhistas.

A USP foi fundada em 1934 e atualmente possui 11 campi universitários localizados em sete municípios do Estado de São Paulo. Apesar de ser uma das maiores universidades do país a USP não possui uma política no que se refere a construções sustentáveis. O que existe são iniciativas isoladas ainda em fase de maturação, a

exemplo do grupo de trabalho de construções sustentáveis, pertencente ao programa EESC Sustentável na USP. Deste modo é urgente avançar na elaboração e consolidação de uma política de sustentabilidade na Universidade.

## **2. Objetivo**

A fim de contemplar parte da avaliação integrada de sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP), este trabalho aborda o planejamento das edificações da USP São Carlos, tomando por base o estudo de caso do prédio da engenharia ambiental, localizado na área dois do campus.

O trabalho tem como objetivo estabelecer parâmetros e critérios com o intuito de instrumentalizar uma política ambiental para construção de edificações sustentáveis.

## **3. Justificativa**

Atualmente é crescente a preocupação no que diz respeito a construções sustentáveis, uma vez que apresenta um papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável.

A construção civil representa uma grande parcela dos impactos ambientais em nível global, tanto nos processos construtivos como na operação dos empreendimentos.

No que diz respeito a Universidade de São Paulo (USP), ainda não há nenhuma política que oriente a construção das edificações para que estas sejam sustentáveis.

A princípio pensou-se que o foco do trabalho deveria centrar-se na etapa de execução das obras, contudo a ausência de uma política de sustentabilidade na USP evidenciou a necessidade da elaboração de parâmetros e critérios para a constituição de uma política de construções sustentáveis, visto que esses critérios podem auxiliar no planejamento, fase em que devem ser tomadas as decisões que condicionem aplicação de elementos de sustentabilidade nas construções.

## **4. Plano de Trabalho**

A tabela referente ao Plano de Trabalho foi elaborada a partir de um modelo fornecido em sala e adaptado, a fim de atingir o objetivo determinado na seção 2, através do levantamento de normas e leis pertinentes ao assunto e entrevistas com pessoas relacionadas ao assunto dentro da Universidade de São Paulo, além do estudo de caso do sexto bloco da Engenharia Ambiental, situado no campi 2 da USP São Carlos, com o intuito de avaliar na prática como se dá o processo de construção dentro da universidade ( desde a licitação até o funcionamento), do que se propunha ser uma construção sustentável.

Tabela 1- Plano de Trabalho

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Sub objetivos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Produto</b>	<b>Período de Execução</b>	<b>Data de Entrega</b>
<b>Revisão Bibliográfica</b>	Mapeamento de Princípios da Construção Sustentável	Identificação de parâmetros e indicadores	Análise de todo o material para sintetização de parâmetros e indicadores	Sistematização de parâmetros e indicadores que serão utilizados no projeto	19/mar a 02/abr	02/abr
	Mapeamento das Legislações Pertinentes a Construções Sustentáveis	Identificação de leis municipais, estaduais ou federais				
<b>Diagnóstico de Política e Gestão da USP</b>	Levantamento do Regimento Interno da Universidade no que tange o espaço físico	Identificação do regimento da universidade	Análise de todo o material para sintetização de parâmetros e indicadores	Diagnóstico e análise crítica da política ambiental da USP	03/abr a 29/abr	30/abr
	Levantamento da política ambiental da USP	-	Abordagem do SEF e SGA			
	Levantamento da política ambiental da USP - São Carlos	-	Abordagem do setor de obras e EESC sustentável			
<b>Diagnóstico Físico</b>	Avaliação do prédio da engenharia ambiental como estudo de caso	Identificar as limitações para implementações da obra do quinto bloco	Entrevistar idealizadores e executores do prédio	Relatório do estudo de caso com apontamentos pertinentes da situação real do campus São Carlos, através do prédio da engenharia ambiental, tratando-o como um recorte	01/mai a 13/mai	14/mai
		Levantamento do projeto original do prédio e identificação das alterações e limitações existentes				
<b>Concepção do Plano</b>	Elaborar o Plano de proposta	Estabelecer um conjunto de diretrizes para construções sustentáveis na USP	Estruturação de quadro de referência e fluxograma	Plano de proposta	15/mai a 17/jun	18/jun

<b>Finalização do Plano</b>	Aperfeiçoamento do plano	-	Avaliar criticamente o plano elaborado e identificar melhorias	Plano de proposta final	19/jun a 24/jun	25/jun
			Entrega do relatório final			

## 5 Mapeamento da Legislação Pertinente

O levantamento do arcabouço jurídico e da normativa técnica foi feito a partir de duas motivações: regularizar a situação da USP perante a lei quando for aplicável além de garantir as condições necessárias para o cumprimento da lei, e identificar normas técnicas que auxiliem na padronização do uso de materiais construtivos, geração de resíduos, conforto e consumo. As normas foram levantadas a partir de trabalhos acadêmicos que envolvem aspectos da construção sustentável ou a gestão de determinados insumos (água e energia), além da consulta ao quadro geral de normas da ABNT.

Mapeamento de NBR's:

Tabela 2-Normas Pertinentes a Construções Sustentáveis

Área	Norma	Nome	Importância
Gestão de Água	NBR – 5626	Instalação predial de água fria;	Estabelece as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção de instalações predial de água fria.
	NBR – 10281	Torneira de pressão – Requisitos e Métodos de Ensaio;	Fixa as condições mínimas exigíveis das torneiras mecânicas tipo pressão utilizadas em ramais prediais e instalações hidráulicas prediais, de acordo com a NBR - 5626
	NBR – 10844	Instalações prediais de águas pluviais;	Fixa as exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.
	NBR – 12217	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;	Fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público
	NBR – 12213	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;	Fica as condições exigíveis para a elaboração de projeto de captação de água de superfície para abastecimento público
	NBR – 15527	Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis;	Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potenciais

	NBR – 13969	Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos;	Oferece alternativas de procedimento técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico para o tratamento local de esgoto
<b>Gestão de Recursos Energéticos</b>	NBR – 15569	Classificação dos sistemas de aquecimento solar;	Estabelece os requisitos para os sistemas de aquecimento solar, considerando os aspectos de concepção, dimensionamento, arranjo hidráulico, instalação e manutenção.
	NBR – 10899	Energia solar fotovoltaica – terminologia	Define os termos técnicos relativos à conversão fotovoltaica de energia radiante solar em energia elétrica
	NBR – 11704	Classificação de sistemas fotovoltaicos	Classifica os sistemas terrestres de conversão fotovoltaica de energia.
	NBR – 11876	Módulos fotovoltaicos – especificações	Especifica os requisitos exigíveis e os critérios para aceitação de módulos fotovoltaicos para uso terrestre, de construção plana e sem concentradores, que utilizem dispositivos fotovoltaicos como componentes ativos para converter diretamente a energia radiante em elétrica.
	NBR – 50001	Eficiência Energética	Especifica os requisitos para uma organização estabelecer, implementar, manter e melhorar um sistema de gestão de energia, o qual a habilita a tomar uma abordagem sistemática para melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo eficiência, uso e consumo de energia
<b>Conforto Ambiental</b>	NBR – 5413	Iluminância de interiores;	Estabelece os valores de iluminância média mínima em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras
	NBR-15215	Iluminação Natural;	Prescreve métodos para a verificação experimental das condições de iluminância e luminância de ambientes internos
	NBR – 15220	Desempenho térmico das edificações;	Estabelece as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações
	NBR – 15575	Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos;	Estabelece os requisitos e critérios de desempenho exigidos dos sistemas de coberturas para edificações

<b>Acessibilidade</b>	NBR – 9050	Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.	Estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados em relação ao projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade
<b>Materiais e Resíduos da Construção Civil</b>	NBR – 15112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos	Fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos
	NBR – 15113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes	Estabelece a classificação dos resíduos sólidos de construção civil
	NBR – 15114	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.
	NBR – 15115	Agregados reciclado de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação	Estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado "agregado reciclado", em obras de pavimentação
	NBR – 15116	Agregados reciclado de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concretos sem função estrutural	Estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclado de resíduos sólidos da construção civil

Mapeamento de leis:

Tabela 3-Leis Pertinentes a Construções Sustentáveis

Área	Norma	Nome	Importância
Acessibilidade	DECRETO 53.485/08		Institui, no âmbito da Administração Centralizada e Descentralizada do Estado de São Paulo, a política de implantação do conceito de desenho universal na produção de habitação de interesse social
Materiais e Resíduos da Construção Civil	Lei n° 12305.2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos	Dispõe dos princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis
	Resolução Conama n° 307/2002		Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil

As tabelas acima foram realizadas com o intuito de identificar normas e leis que possam ser pertinentes a elaboração de parâmetros e critérios com o intuito de instrumentalizar uma política ambiental para construção de edificações sustentáveis.

As tabelas foram elaboradas através de levantamento na política do país, identificando as leis que seriam pertinentes a construções sustentáveis e um levantamento no catálogo geral da ABNT, identificando as normas também pertinentes.

## 6. Modelos e Critérios Rumo a Sustentabilidade

A fim de orientar e transformar projetos, obras, operação e desativação de edifícios, surgiram certificações internacionais que através da avaliação de diversas dimensões e da adoção de pré-requisitos e recomendações, avalia a sustentabilidade das construções. Para nortear o trabalho e colocar a USP no patamar das decisões internacionais, o grupo utilizou-se da certificação LEED, que busca: diminuir os custos operacionais e os riscos regulatórios; valorizar o imóvel para revenda ou arrendamento; aumentar a retenção e a velocidade de ocupação; modernizar e reduzir a obsolescência da edificação; melhorar a segurança e priorizar a saúde dos trabalhadores e dos ocupantes; incluir socialmente e aumentar o senso de comunidade; capacitar profissionais; conscientizar trabalhadores e usuários; aumentar a produtividade do funcionário; melhorar a recuperação de pacientes (em Hospitais); melhorar o desempenho de alunos (em Escolas); aumentar o ímpeto de compra de consumidores (em Comércio); incentivar fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais; aumentara satisfação e bem estar dos usuários; estimular políticas públicas de fomento a Construção Sustentável; aumentar o uso racional e reduzir a extração dos recursos naturais, água e energia; mitigar os efeitos das mudanças

climáticas; utilizar materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental; reduzir, tratar e reutilizar resíduos da construção e operação (GBC Brasil, 2014).

Para o avanço dos princípios da sustentabilidade nas construções é necessário uma avaliação de sustentabilidade que irá orientar as decisões ao desenvolvimento sustentável. Isso se dá através da avaliação de iniciativas existentes, buscando oportunidades de melhoria e elaborando novas propostas. Para que essa avaliação possa ser feita é fundamental a integração entre as esferas e princípios, já que a o modelo dos três pilares (econômico, social e ambiental) não é eficiente em integrar e possibilita um conflito de escolha com sobrepujança de um princípio em relação aos outros. O presente trabalho tomou os critérios de sustentabilidade de Gibson para a avaliação da sustentabilidade:

- Integridade do sistema socioecológico: Construir relações sociedade ambiente que estabeleçam e mantenham a integridade dos sistemas socioambientais em longo prazo, e protejam as funções ecológicas que são insubstituíveis e das quais dependem a vida humana e a qualidade ambiental.

- Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades: Garantir que cada indivíduo e cada comunidade tenham sustento suficiente para uma vida digna e que todos tenham oportunidade de buscar melhorias de forma a não comprometer a capacidade de sustento das gerações futuras.

- Equidade intrageracional e intergeracional: Garantir que suficiência e oportunidade de escolha estão sendo buscadas para todos de modo a reduzir lacunas entre os ricos e pobres (de saúde, segurança, reconhecimento social, influência política, etc.). Favorecer opções e ações no presente que são mais passíveis de manter ou aumentar as oportunidades e capacidades das gerações futuras a viver sustentavelmente.

- Manutenção de recursos naturais e eficiência: Proporcionar uma base maior para garantir meios de subsistência sustentáveis para todos, enquanto reduz ameaças em longo prazo para a integridade de sistemas socioambientais, evitando resíduos e reduzindo o consumo de matéria e energia.

- Civilidade socioambiental e governança democrática: Criar capacidade, motivação e inclinação em indivíduos, comunidades e outros órgãos de decisão a aplicar requisitos de sustentabilidade, por meio de decisões mais abertas e baseadas em boas informações, de estímulos à conscientização mútua e à responsabilidade coletiva, e do emprego de práticas mais integradas em decisões administrativas, de mercado e pessoais.

- Precaução e adaptação: Respeitar incertezas, evitar os riscos de danos graves ou irreversíveis, para os fundamentos da sustentabilidade, mesmo que sejam pouco compreendidos. Planejamento deve ser voltado à aprendizagem, deve haver preparo para situações de surpresas, e desenvolver gestão adaptativa.

- Integração entre situação atual e de longo prazo: Aplicar todos os princípios de sustentabilidade ao mesmo tempo, buscando benefícios mútuos e ganhos múltiplos.

Tomou-se tais critérios aliados a Avaliação de sustentabilidade por ser um instrumento para suporte a decisões direcionadas à sua promoção, podendo ser aplicável aos níveis de projeto e estratégico. As pesquisas acerca desse instrumento têm buscado avançar no desenvolvimento de diretrizes e métodos para a inclusão de aspectos da sustentabilidade em processos de planejamento de forma mais efetiva. A Avaliação de Sustentabilidade evoluiu a partir da experiência em vários campos do conhecimento,

destacando-se a avaliação de impacto, o planejamento territorial e a gestão de recursos naturais. No campo da Avaliação de Impacto, um dos motivadores de um enfoque mais voltado à sustentabilidade é a constatação de que já não basta evitar e mitigar impactos adversos, mas, além disso, é preciso avançar para a formulação de projetos que resultem em benefícios socioambientais, e para tanto, é preciso ir além de abordagens reducionistas e integradoras.

Além disso, o trabalho tomou como exemplo o projeto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que, em conjunto com a ELETROBRAS e a ELETROSUL, desenvolveu uma casa com tecnologias ligadas ao aproveitamento da luz e energia solar, uso eficiente da energia, captação da água da chuva e sustentabilidade ambiental, a qual é utilizada para pesquisas na área e visitação pública.

## **7. Políticas Sustentáveis Presentes na Universidade de São Paulo**

Atualmente a Universidade de São Paulo não tem uma política ambiental ligada a diretrizes que estimulem a construção de edifícios sustentáveis. No que tange ao espaço físico da USP o problema se agrava, como a disposição final de resíduos de construções, por exemplo, são sempre um transtorno devido ao seu grande volume e alto valor de descarte, embora hoje já existam muitas formas eficientes e econômicas de se reutilizar ou reciclar a maior parte desses resíduos.

Houve muita dificuldade em conseguir informações a respeito das diretrizes internas da Universidade: enviou-se um ofício à Prefeitura do Campus de São Carlos requisitando informações a respeito de possíveis diretrizes de construção que houvesse no campus e também do projeto de construção do prédio da engenharia ambiental, mas nenhuma resposta foi dada por parte da prefeitura.

A partir disso, um grupo interno a EESC chamado EESC – Sustentável, que trabalha com cenários e alternativas para ajudar o campus a tornar suas atividades mais sustentáveis (desde a diminuição da geração de resíduos até o estabelecimento de locais para instalação de ciclovias a fim de evitar a superlotação de estacionamentos dentro do campus), foi contatado para que eles disponibilizassem a proposta enviada à reitoria com diretrizes sobre construções sustentáveis. Dentre as diretrizes existem coisas bem simples como: aproveitamento de luz natural, privilegiar ambientes climatizados por ventilação cruzada a fim de evitar os condicionadores de ar, captação de água pluvial para irrigação, tornar áreas impermeáveis mais porosas para que não haja concentração de fluxo superficial. Existiam também algumas que destacavam o material de construção a ser utilizado, desde telhas recicláveis para fechamento do terreno no início da obra, até a disposição final e reaproveitamento de materiais de construção; Enfim, buscava-se com elas tomar decisões favoráveis a sustentabilidade, buscando a minimização de impactos e a diminuição de gastos, entretanto, com a troca de reitoria e da Superintendência de Gestão Ambiental em 2013-2014 o projeto necessitou ser reestruturado e reenviado ao reitor.

Por esses exemplos nota-se que há na Universidade uma burocracia exacerbada para obtenção de documentos que deveriam estar disponíveis minimamente à comunidade universitária. Além disso, a resistência ao assunto torna a USP atrasada e até mesmo obsoleta a respeito da sustentabilidade, assunto atualmente tão difundido no Brasil e no mundo.

## 8. Ciclo de Construção e Identificação de Parâmetros

O ciclo de vida de uma edificação é bastante longo e complexo, sendo, portanto, necessário o trabalho conjunto de profissionais multidisciplinares para planejamento, implementação, conservação e demolição dos edifícios, cuja relação entre os impactos e custos ligados a cada uma dessas etapas pode ser visualizada na figura 1. As etapas desse ciclo incluem, de modo amplo: projeto, obra, funcionamento e desativação. A partir da análise do ciclo construtivo, foram identificados temas prioritários de abordagem embasados pela certificação LEED, estudos acadêmicos e o exemplo da UFSC. Esses temas foram minuciosamente estudados através de literatura e campo e a partir disso diversos parâmetros foram propostos para serem incorporados nos projetos.

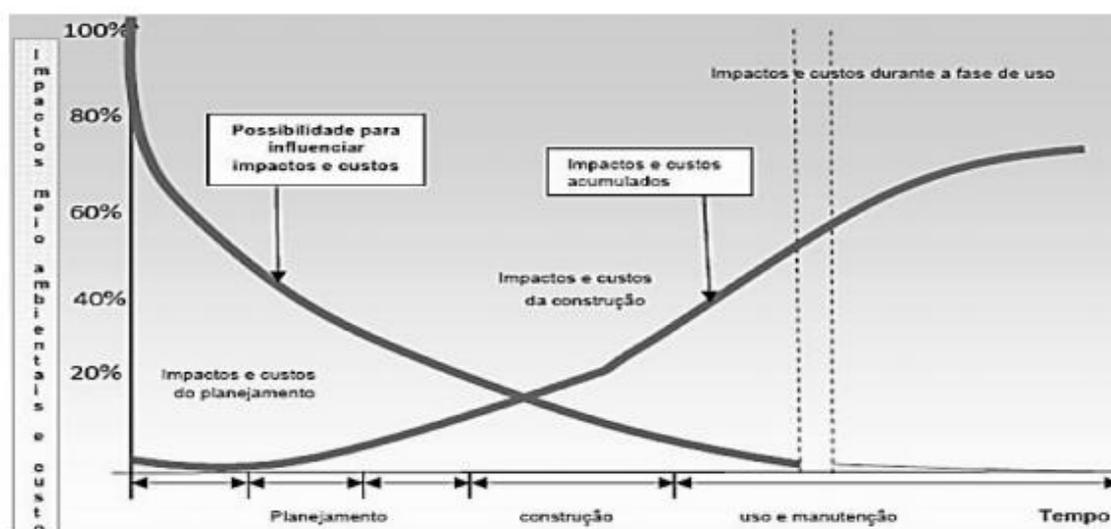


Figura 1-Impactos e Custos no ciclo da Construção Civil

Fonte: PCC 2540 – O edifício e o ambiente – USP, 2004

### 8.1 Projeto

O projeto deve contemplar, além do projeto básico e sua legalização, a viabilidade técnico-econômica, a necessidade de recursos, e a avaliação custo-benefício da obra. Na construção, ou seja, na execução do projeto, deve-se atentar-se para o 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.

Assim, deve-se procurar aniquilar ou reduzir ao máximo os impactos ambientais, sociais e econômicos, fazendo-se necessária a realização de um estudo prévio das possíveis necessidades, recursos, e tecnologias a serem adotadas durante todo o ciclo de vida da edificação. Neste trabalho fez-se um vasto levantamento de material para embasar a discussão e construiu-se eixos gerais a serem levados em conta na formulação de diretrizes de uma política ambiental de construções sustentáveis na universidade. O trabalho não tem a pretensão de propor uma política mas de causar a reflexão de elementos que devem ser incorporados na política para que os projetos apresentem critérios de sustentabilidade.

Além disso, é necessário ter em mente a quantidade e qualificação da mão de obra a ser contratada, evitando-se prejuízos futuros nas comunidades adjacentes. É importante destacar também que falhas de projeto podem gerar diversos impactos ambientais e econômicos devido a perdas de materiais de construção, retrabalhos, vícios construtivos e patologias futuras.

### **8.1.1 Água**

Esse tópico visa pensar a gestão da água na operação das construções da universidade, contudo é válido lembrar que a gestão da água nas construções sustentáveis só será viável se a Universidade construir uma política ambiental que regulamente diretrizes e normas que apontem no sentido das novas instalações terem uma gestão racional de água, isso tem que ser concebido em todas as fases do empreendimento desde o projeto, execução e operação.

A gestão da água deve se iniciar na fase de projeto e concepção do empreendimento, para que este contemple materiais, equipamentos e tecnologias empregados no processo construtivo e sobretudo deem condições que se tenha uma gestão racional da água no funcionamento do empreendimento.

Quando pensamos na gestão da água em um empreendimento é interessante pensarmos sua gestão de duas formas, a gestão da demanda de água onde poderemos economizar a água utilizada em situações normais, e a gestão da oferta em que há a possibilidade de se oferecer outras alternativas para o abastecimento de água de acordo com os usos e padrões requeridos.

A gestão da demanda prevê a utilização de componentes economizadores de água, medição do consumo e levantamento de indicadores de consumo para o empreendimento.

A gestão da oferta por sua vez oferece fontes alternativas de abastecimento de água para usos não potáveis como aproveitamento de água da chuva para uso em descarga de vaso sanitário e lavagem de piso, e reuso de águas após tratamento para uso paisagístico, no espelho d'água, e irrigação dos jardins da universidade.

Para melhor entendimento do projeto em si é interessante segregar a água de acordo com suas características. Assim temos:

- Água de abastecimento potável.
- Água de chuva para fins não potáveis (água de chuva proveniente de áreas de captação de coberturas limpas – telhados – que não sejam utilizadas para circulação de pessoas ou animais domésticos).

### **8.1.2 Energia**

Esse tópico visa pensar na gestão dos recursos energéticos (energia elétrica, solar, entre outras) no ciclo de construção da universidade, contudo este só será válido a partir uma política ambiental, dentro da universidade, que regulamente diretrizes e normas que apontem no sentido das novas instalações terem uma gestão adequada deste recurso.

A gestão deste recurso deve se iniciar na fase de projeto e concepção do empreendimento, para que este contemple materiais, equipamentos e tecnologias

empregadas no processo construtivo e sobretudo de condições que se tenha uma gestão racional do mesmo no funcionamento do empreendimento.

No que diz respeito ao consumo de energia elétrica em um empreendimento é interessante pensarmos em sua gestão de acordo com a quantidade de energia que será consumida e a quantidade de energia que poderá ser gerada através de fontes alternativas, de modo a obter um melhor aproveitamento da mesma.

No que tange um consumo racional e geração de energia, abaixo estão listados seguimentos para auxílio na elaboração de diretrizes no que tange energia elétrica:

- Economia de energia:
  - Uso de equipamentos que possuem grande eficiência energética, selo A do IMETRO e selo PROCEL;
  - Privilegiar a iluminação natural;
  - Planejamento da iluminação, obtenção de sistemas mais eficientes;
  - Uso de lâmpadas com maior eficiência e durabilidade;
  - Uso do conceito iluminação tarefa;
  - Uso de sistemas automáticos de iluminação em áreas comuns;
  - Uso de sistemas de climatização alternativos, como: ventilação natural cruzada e nebulizadores;
  - Monitoramento do consumo de energia por meio de medidores de leitura remotos nos quadros de medição;
  - Geração de energia a partir de fontes alternativas e consumo da mesma dentro da edificação;

### **8.1.3 Conforto Ambiental**

Segundo Godoi (2012), no âmbito das construções sustentáveis o conforto ambiental faz-se uma importante ferramenta para minimizar a utilização de sistemas artificiais de climatização e iluminação, além de melhorar a qualidade de vida dos usuários do prédio. 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 conforto térmico (tópico 8.1.3.1), acústico (tópico 8.1.3.2) e lumínico (tópico 8.1.3.3).

#### **8.1.3.1 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 o prédio da engenharia ambiental deve-se analisar detalhadamente o clima da Cidade de São Carlos; quantificar a população frequentadora do prédio; estipular quais atividades são exercidas no espaço; determinar possíveis fontes de calor; e definir cargas internas de iluminação e equipamentos.

Para o trabalho utilizaremos as normas 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.

### **8.1.3.2 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.

### **8.1.3.3 Conforto acústico**

O conforto acústico de um edifício está ligado tanto a fontes de ruídos internas como externas, e pode ser realizado através do isolamento de paredes, pisos, janelas e portas, ou seja, a partir das 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.

### **8.1.4 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 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – que define as condições de projeto para áreas comuns e edifícios públicos, visando à acessibilidade (ABNT, 2004).

## **8.2 Obra**

Esta etapa do ciclo de construção compreende na construção do edifício, a partir de um projeto pré-elaborado, sendo que nesta etapa ocorre a maioria das alterações em que o ambiente sofrerá, sendo assim ocasionando diversos impactos ambientais de natureza negativa.

### **8.2.1 Materiais da Construção Civil, Técnicas Construtivas e Arquitetura**

Neste ponto em específico dista-se a otimização do consumo de materiais, bem como sua qualidade ambiental, matéria prima empregada e processo produtivo; preservação do ambiente natural e melhoria do ambiente construído. Para que isso seja viável é necessário mudanças nos paradigmas de técnicas construtivas bem como no uso de materiais diferenciados.

### **8.2.2 Técnicas Construtivas e Arquitetura**

As técnicas construtivas e a arquitetura cumprem um papel importantíssimo para sustentabilidade, pois é através da revisão de antigos paradigmas e métodos que se abre a possibilidade de uma construção sustentável que tenha menor interferência na paisagem, menor uso de materiais, que propicie as condições para a implementação do conforto ambiental, acessibilidade e gestão de recursos.

Pra tanto deve-se mudar conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições. Quanto a implantação urbana recomenda-se a adaptação à topografia local, com redução da movimentação de terra; preservação de espécies nativas; previsão de acessos que privilegiem o pedestre e o ciclista e contemplem a acessibilidade universal; previsão de espaços de uso comum para integração da comunidade; e, preferencialmente, de usos do solo diversificados, minimizando os deslocamentos.

A respeito do tratamento das áreas externas, recomenda-se a valorização dos elementos naturais no tratamento paisagístico e o uso de espécies nativas, a destinação de espaços para produção de alimentos e compostagem de resíduos orgânicos, o uso de reciclados da construção na pavimentação e de pavimentação permeável, a previsão de passeios sombreados no verão e ensolarados no inverno.

No âmbito da edificação, entende-se como essenciais a adequação do projeto ao clima do local, minimizando o consumo de energia e otimizando as condições de ventilação, iluminação e aquecimento naturais; a previsão de requisitos de acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida ou, no mínimo, possibilidade de

adaptação posterior; a atenção para a orientação solar adequada, evitando-se a repetição do mesmo projeto em orientações diferentes; a utilização de coberturas verdes; e a suspensão da construção do solo, como caracterizado nos outros itens do presente documento.

É importante também atentar-se para a preservação do ambiente e paisagem natural e pela busca de soluções que potencializem o uso racional de energia e energias renováveis.

### **8.2.3 Materiais**

Não é só a atividade de produção dos materiais na construção a maior causadora de impactos ao meio ambiente, mas toda a cadeia e seu ciclo de vida. Além das emissões de gases de efeito estufa associadas à fabricação e ao transporte, por exemplo, alguns materiais apresentam emissões no uso e pós-uso da obra. Compostos orgânicos voláteis afetam a qualidade do ar interno de edificações, a saúde dos trabalhadores e contribuem para as mudanças climáticas. A água, por sua vez, em contato com os materiais, também pode lixiviar compostos tóxicos, alterando e até mesmo contaminando o solo, o lençol freático e eventualmente atingindo a cadeia alimentar. Isso sem mencionar os materiais que não possuem Ficha de Informação de Segurança dos Produtos Químicos e que em sua maioria podem significar riscos à saúde de trabalhadores e até de usuários.

Tanto a quantidade quanto a qualidade, a confiabilidade e o grau de detalhamento das informações sobre materiais e componentes comercializados no Brasil estão abaixo do mínimo necessário à tomada de decisões técnicas. O preço, muitas vezes, é o único critério objetivo disponível. A ausência de declaração ambiental, da avaliação do ciclo de vida e da padronização de informações dificulta ainda o aproveitamento dos dados existentes e é impedimento para a implementação de modelos que simulam as mesmas características dos elementos construtivos a serem empregados no ciclo de vida real das construções, concedendo a elas melhor desempenho.

Na escolha dos materiais de construção: a utilização de materiais disponíveis no local, pouco processados, não tóxicos, potencialmente recicláveis, culturalmente aceitos, propícios para a autoconstrução e para a construção em regime de mutirões, com conteúdo reciclado. Além disso, deve-se evitar sempre o uso de materiais químicos prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente, como amianto, CFC, HCFC, formaldeído, policloreto de vinila (PVC), tratamento de madeira com CCA, entre outros. Quanto aos resíduos da construção civil, deve-se atentar para a sua redução e disposição adequada, promovendo-se a reciclagem e reuso dos materiais. Por se tratar de um espaço público sabe-se que inúmeras dificuldades são encontradas frente a necessidade de um processo licitatório, contudo deve-se avançar na discussão de técnicas e materiais diferenciados já descritos no projeto de modo a permitirem sua incorporação na obra de modo que respeite a lei de licitações.

É preciso caracterizar uma polêmica presente nas discussões de construções sustentáveis. Duas vertentes aparecem nesse debate, de maneira simplificada: uma que apresenta tecnologias alternativas que pregam o resgate de matérias e tecnologias com baixa taxa de industrialização como terra crua, bambu, palha dentre outros. E a outra mais próxima ao empresariado apostam nos empreendimentos verdes, com certificação

tanto no âmbito da edificação quanto no âmbito urbano. No entanto, muitos edifícios rotulados como verdes refletem apenas esforços para reduzir a energia incorporada e são, em muitos outros aspectos, convencionais, tanto na aparência quanto no processo construtivo. Além disso, deve-se questionar os benefícios que um selo desenvolvido para outra realidade pode trazer, especialmente para países como o Brasil que ainda não resolveram seus problemas mais básicos como pobreza e desigualdade social. É preciso que se tenha uma saída que consiga acomodar os elementos das duas vertentes, e ao mesmo tempo incorporam novos elementos na busca pela superação das limitações de cada uma.

Algumas diretrizes gerais que podem ser ilustradas para os materiais são: mapear e disseminar, ao longo da cadeia produtiva da construção, sistemas construtivos e ferramentas de projetos que reduzam as perdas de materiais em seus processos; atuar para que as contratações públicas e privadas privilegiem a compra de produtos e sistemas com melhor desempenho ambiental. Para esse fim, será necessário definir e implementar critérios de desempenho ambiental, que contemplem a logística e o transporte de produtos e materiais, além de ferramentas de mensuração, nas licitações públicas. Nesse sentido, o estímulo ao uso de informações e ferramentas de simulação de desempenho ambiental e avaliação de ciclo de vida para materiais e sistemas, ao longo da cadeia produtiva da construção, vai permitir identificar aqueles fornecedores.

É necessário também fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação de novos materiais, componentes e sistemas construtivos com menor impacto ambiental. Este estímulo deve combinar o financiamento a pesquisa e inovação, a formação de recursos humanos e também a empreendimentos públicos e privados que adotem estas novas tecnologias. Essas políticas públicas devem promover ainda a formação de profissionais, ao longo da cadeia produtiva da construção, capazes de desenvolver tecnologias de materiais e de sistemas sustentáveis.

Deve-se também reforçar no programa a obrigatoriedade da compra de produtos em conformidade com as Normas ABNT (PSQs do SiMAC/PBQP-H), visando garantir padrões mínimos de qualidade e isonomia competitiva. Além disso, deve-se buscar reduzir o uso de materiais com alto impacto ambiental e adoção de materiais reciclados, de baixo impacto ambiental; e os resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais.

#### **8.2.4 Resíduos da Construção Civil**

Dentre os parâmetros a serem analisados dentro de edificações sustentáveis, está a disposição final dos resíduos da construção. Para esse fim existe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da lei 12.305 e regulamentada pelo decreto 7.404 de 23 de Dezembro de 2010.

O 13º artigo da PNRS classifica os resíduos sólidos quanto à origem e periculosidade. A alínea “h” define os resíduos da construção civil (RCC) 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.

É importante salientar 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.

A Resolução CONAMA 307/2002, Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e em seu artigo 3º, classificou os resíduos da construção civil em quatro classes, facilitando a separação dos resíduos segundo as destinações previstas:

- 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;

- 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;

- 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;

- 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.

Toda a determinação da lei deve, obviamente, ser aplicado dentro da Universidade principalmente como um exemplo para o município de São Carlos que atualmente tem tido muitos problemas com resíduos sólidos e sua destinação correta. É importante ressaltar que dentro da universidade, quando se trata de compra de materiais ou contratação de serviços para construção civil, há uma política em que o mais barato sempre prevalece, reduzindo assim ao mínimo qualquer gasto. O grupo ainda aguarda contato com a administração da Universidade para que haja um fornecimento das diretrizes anteriores à contratação ou compra de materiais.

Na University of Michigan foi feito um modelo de sustentabilidade em praticamente todos os setores internos da universidade. Em documento, existem sugestões sobre como, exatamente, melhorar a situação da geração de resíduos. Primeiramente foi estabelecida uma redução de 75% dos resíduos gerados em construção. A principal ferramenta utilizada para esse objetivo é o planejamento, onde deve haver um estudo do ciclo de vida dos materiais e alternativas de materiais e destinações mais adequadas. Dentre as medidas tomadas está a criação junto ao projeto de construção, um projeto de desconstrução da obra que determina quais recursos

seriam desejáveis e viáveis para reciclar e decidir o melhor procedimento para extrair esses materiais.

### 8.2.5 Impactos de uma Construção Civil

A execução de uma edificação ocasiona diversos impactos ambientais em uma fase de implementação, sendo assim torna-se necessário identifica-los e avalia-los para a elaboração de um projeto de medidas a fim de prevenir sua ocorrência ou minimiza-los, como impactos podemos citar:

- Indução de processos erosivos;
- Geração de material excedente de escavação;
- Geração de poluição sonora;
- Alteração da qualidade do ar, geração de poeira;
- Poluição dos solos;
- Poluição dos recursos hídricos;
- Supressão de áreas isoladas;
- Alteração da paisagem: desmatamento, redução de habitats;

### 8.3 Funcionamento

Nesta etapa dá-se início ao seu funcionamento, trata-se da fase mais extensa do edifício, por isso, a fim de aumentar o tempo de vida da edificação e evitar sua depreciação, é necessário realizar constantes manutenções e monitoramentos. Contudo esta fase do ciclo de construção não será avaliada neste trabalho, uma vez que o foco do mesmo está compreendido na etapa de obra.

### 8.4 Desativação

Esta fase de desativação ou desmobilização compreende o fim da vida útil do edifício, é quando, geralmente, se produz grande quantidade de resíduos, que comumente são tratados como rejeitos de construção civil apesar de atualmente já existirem eficientes modos de reciclagem desses produtos.

## 9 Quadro de Referência

O esquema abaixo representa um modelo para análise dos possíveis impactos de um processo construtivo. Os impactos identificados, independente da fase, devem ser avaliados mediante as condições atuais do ambiente e projeções futuras do mesmo, considerando as atividades que podem ocorrer no processo, sem que haja a realização de medidas mitigadoras de impactos negativos.

A análise e avaliação dos impactos foram realizadas utilizando os atributos abaixo:

1. **Fase de Ocorrência:** Corresponde a fase do empreendimento em que o impacto ocorre: fase de obra, funcionamento e desativação. A fase de projeto não será avaliada, uma vez que não há impactos ocasionados na mesma;
2. **Tipo do Impacto:** Corresponde a forma como ocorre a ação geradora do impacto, podendo ser direto, resultante de uma relação de causa e efeito

da ação geradora, ou indireto, resultante de uma consequência de outro impacto desencadeado como uma reação secundária);

3. **Duração:** Corresponde a permanência dos efeitos do impacto ao longo do tempo, podendo ser temporário, o impacto ocorre em um período de tempo definido (cessando após a realização de uma determinada ação) ou permanente, quando um impacto será desencadeado durante todo o horizonte de projeto;
4. **Espacialização:** Corresponde a área de abrangência espacial do impacto, podendo ser classificado como localizado, abrangendo uma área espacial restrita, ou disperso, ocorrendo de forma difusa na área de influência;
5. **Temporalidade:** Corresponde ao período em que o impacto se desencadeará, podendo ser imediato, ocorrendo simultaneamente a ação geradora, de curto, médio ou longo prazo, quando sua ocorrência perdura além do tempo de duração da ação que o provocou;
6. **Reversibilidade:** Corresponde a possibilidade da área de influência do impacto retornar as condições pré-existentes, podendo ser classificado como reversível ou irreversível;
7. **Magnitude:** Corresponde a intensidade do impacto em face de um determinado fator ambiental ou área de ocorrência, podendo ser classificado de modo qualitativo em pequeno, médio e grande;
8. **Relevância:** Corresponde ao resultado estabelecido entre a relação de magnitude ecológica e social do impacto e a possibilidade de sua reversão, podendo ser classificado de modo qualitativo em pequeno, médio e grande;
9. **Significância:** Corresponde a avaliação do impacto gerado frente aos outros impactos e ao quadro ambiental atual e futuro da área, podendo ser classificado de modo qualitativo em pequeno, médio e grande.



Resíduos de Construção												
Geração de Resíduos Sólidos												
Geração de Resíduos Líquidos												
Geração de Resíduos Perigosos												
Dilapidação dos Recursos Naturais - Água												
Dilapidação dos Recursos Naturais – Energia Elétrica												
Dilapidação dos Recursos Naturais - Materiais Construtivos												

**LEGENDA:**

**Tipo de Impacto:** Direto (D) / Indireto (In)

**Espacialização:** Localizado (L) / Disperso (Ds)

**Duração:** Temporário (T) / Permanente (P)

**Reversibilidade:** Reversível (R) / Irreversível (Ir)

**Temporalidade:** Imediata (I) / Curto, Médio, Longo prazo (C,M,Lp)

**Magnitude:**

**Pequena (P)**

**Média (M)**

**Grande (G)**

**Relevância/ Significância:**

**Baixa (b)**

**Média (m)**

**Alta (a)**

## 10 Fluxograma

O fluxograma tem por objetivo representar esquematicamente o processo, de forma ilustrada e descomplicada de modo que seja facilitada a compreensão das informações entre os elementos que o compõem. Os retângulos representam processos e as elipses representam processos de tomada de decisões.

A partir do fluxograma obteve-se a possibilidade de identificar áreas prioritárias para o desenvolvimento e implementação da política ambiental. O projeto básico é fundamental, uma vez que deve contemplar aspectos ambientais apresentados na política ambiental, ainda que de forma preliminar, para que os equipamentos, tecnologias e critérios se façam presentes no futuro empreendimento.

O estudo de viabilidade técnica e econômica irá possibilitar a avaliação da aplicabilidade dos elementos apresentados no projeto. A aprovação pode cumprir um importante papel, já que nesta fase ocorrerá a aprovação do empreendimento e uma política ambiental pode instrumentalizar essa tomada de decisão pelos gestores da universidade de modo que se o projeto não contemplar os elementos o projeto poderá passar por uma reavaliação.

O processo de licitação deve garantir mecanismos para empresa contratada execute a obra de acordo os princípios de sustentabilidade, contudo aqui se apresenta um ponto delicado, pois deve-se observar os requerimentos construtivos sem, contudo, direcionar o processo licitatório de alguma forma.

O projeto executivo, por sua vez, oferecerá o detalhamento, especificação e dimensionamento dos equipamentos e estruturas adotadas para concretização dos critérios e parâmetros de sustentabilidade. O cumprimento dos parâmetros e critérios estabelecidos em contrato, projeto e política ambiental devem ser auxiliados pela fiscalização executado pelo setor de obras da USP, é válido ressaltar a importância da capacitação dos funcionários da empresa contratada para executar a obra.

O funcionamento, monitoramento e manutenção constituem-se na verificação contínua de que o empreendimento está respeitando critérios e parâmetros para o qual foi projetado como economia de água e energia, conforto ambiental, dentre outros.

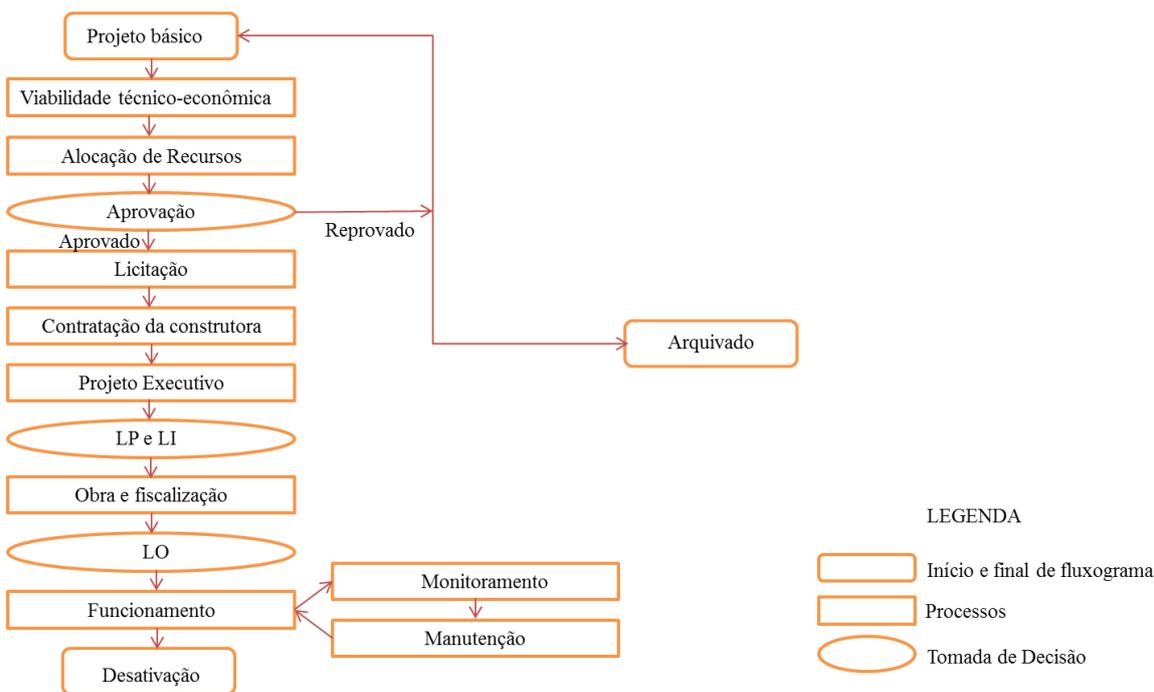


Figura 2-Fluxograma - Processo para edificações

## **11 Avaliação do prédio da engenharia ambiental como estudo de caso**

Para análise do estudo de caso o grupo entrevistou um professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento sobre como se deu o processo desde a licitação até a operação do prédio da Engenharia Ambiental. O desenho inicial foi feito pelo arquiteto Jorge Caron no início da década de 90, e seria implantado em uma determinada área do campus 1 da USP de São Carlos. Porém a finalização da elaboração do curso de Engenharia Ambiental se deu no final da década de 90 e início dos anos 2000, na época o professor Jorge Caron já havia falecido e quem reestruturou o projeto foi o arquiteto Gelson de Almeida Pinto, o qual foi aprovado para construção já no campus 2 da Universidade.

Inicialmente o prédio foi desenhado para funcionar como uma torre de convecção, onde o ar quente entra pela parte inferior e sai por cima no prédio, obtendo-se assim bastante conforto térmico, além da iluminação natural aproveitada pelo envidraçamento do prédio. Porém, durante sua construção ocorreram algumas incongruências como, por exemplo, o responsável pelo projeto e o chefe do departamento eram proibidos de acompanhar seu processo construtivo, fazendo com que detalhes da obra, que eram essenciais para o bom funcionamento da convecção do ar fossem esquecidos tornando a estrutura uma grande estufa. Essa ideia da torre de convecção era aplicada somente as áreas comuns do prédio, já nas salas de aula não havia especificações para melhorar o conforto térmico, problema que seria notado de qualquer forma, com o projeto sendo feito corretamente ou não.

Em verdade, o grande problema da construção de bons projetos é a política de barateamento de custo da Universidade, onde o menor preço é sempre o aprovado, ou seja, o responsável pelo projeto não é o mesmo incumbido pela execução da obra e também difere das pessoas que irão utilizar o prédio. Nesse processo em que a obra troca de responsáveis, muitos detalhes se perdem ocasionando uma perda da qualidade da construção.

Baseados nessa metodologia de trabalho foram construídos os quatro primeiros blocos do prédio da Engenharia Ambiental. No ano de 2013 foi aprovada a verba para a construção do quinto bloco onde, já adotando uma política sustentável muito mais presente do que no início dos anos 2000, seriam aplicados diversos tipos de energia renovável e aproveitamento da luz solar e da água de chuva. Porém todos os desenhos com recursos sustentáveis foram cortados pela Superintendência de Espaço Físico (SEF) da Universidade. O argumento apresentado pela SEF era a inviabilidade do projeto, sem mais detalhamentos a respeito. As únicas ideias remanescentes para o sexto bloco são: o teto que facilita a convecção do ar; e o mesmo padrão de tijolos de cerâmica para melhor isolamento térmico da estrutura. Além disso, existirão muitos vidros e uma claraboia no segundo andar (Figura 3), para aproveitamento da luz natural, assim como nos blocos iniciais.

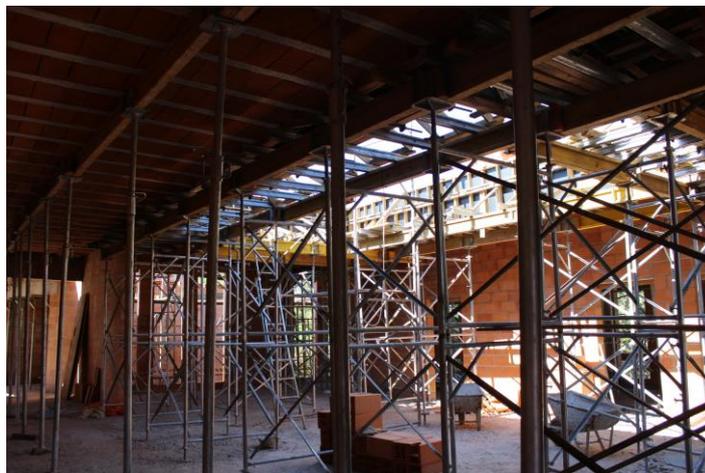


Figura 3-Segundo andar do sexto bloco do prédio

(Thais Firmino Cerveira. 27/9/2014).

Tratando-se da parte interna do prédio, o único dispositivo adotado para diminuição do consumo de recursos naturais foram as torneiras e válvulas dos mictórios dos toaletes com acionamento hidromecânico e fechamento automático (Figura 4), entretanto a falta de manutenção, política não abordada pela universidade, tornou esses dispositivos economizadores de água desperdiçadores em potencial.

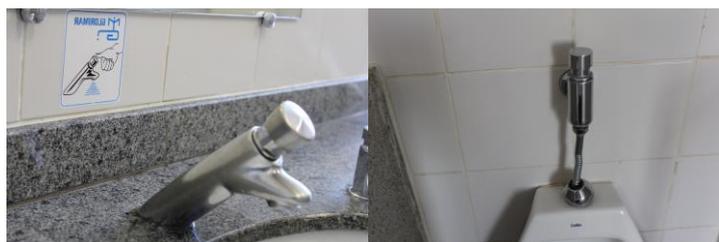


Figura 4 - Dispositivos economizadores de água

(Thais Firmino Cerveira. 27/09/201).

Na figura 5 pode-se observar, como já citado, que não há aproveitamento da ventilação natural, nem preocupação com a orientação e sombreamento de prédio, que atualmente utiliza-se de vários ventiladores e ar condicionados.



Figura 5- Fachada do prédio da Engenharia Ambiental da USP São Carlos

(Thais Firmino Cerveira. 27/09/2014)

Quanto a gestão de resíduos, não há adoção de reciclados, nem reutilização de materiais. Os resíduos da construção civil são dispostos em caçambas (Figura 6) e o transbordo, triagem e destinação dos resíduos é realizado pela empresa AMX, que faz a triagem do material levando em consideração seu potencial de comercialização, os que puderem ser aproveitados são acondicionados, temporariamente, em baias de grande capacidade, e os demais depositados em área Licenciada, localizada na Chácara das Flores, Avenida Salvador Leopoldino Júnior, nº42.



Figura 6-Caçamba em frente ao prédio da Engenharia Ambiental

(Thais Firmino Cerveira. 27/09/2014).

Dessa forma fica claro como que atual a política da Universidade dificulta o processo de análise de novas tecnologias, com uma política de barateamento de custos, desestimulando ideias inovadoras ligadas a sustentabilidade. Um ambiente de formação que deve servir de exemplo para novas tecnologias ainda precisar avançar para executar isso em seu próprio ambiente.

Para esclarecer melhor o funcionamento do quadro elaborado pelo grupo (Tabela 4), segue a aplicação da mesma para o estudo de caso (Tabela 5), o novo bloco da Engenharia Ambiental, feito baseado em observações de visita dos membros do grupo.

Tabela 5-Aplicação para o estudo de caso

Impactos	Fase			Tipo de Impacto	Duração	Espacialização	Temporalidade	Reversibilidade	Magnitude	Relevância	Significância	Medidas Mitigadoras
	Obra	Funcionamento	Desativação									
Indução de Processos Erosivos	X			In	T	L	Cp	R	P	b	b	Evitar a concentração de fluxo da água na obra e a jusante dela.
Geração de Material Excedente de Escavação	X			D	T	L	I	R	M	m	b	Dar destinação adequada a esse material, podendo servir de aterro em obras próximas.
Poluição do Ar	X			In	T	Ds	I	R	P	b	b	Plantio de árvores como compensação pela poluição gerada por maquinário.
Poluição do Solo												
Poluição dos Recursos Hídricos Subterrâneos												
Alteração da Fauna												
Alteração da Paisagem	X			D	P	L	I	Ir	M	m	m	-

Geração de Resíduos de Construção	X			D	T	L	I	R	G	a	g	Reutilização do que pode ser aproveitado ou destinação adequada para aterros específicos.
Geração de Resíduos Sólidos												
Geração de Resíduos Líquidos	X			D	T	L	I	R	M	m	m	Dar destinação adequada afim de que não seja absorvido pelo solo.
Geração de Resíduos Perigosos												
Dilapidação dos Recursos Naturais - Água	X			D	T	L	I	Ir	M	m	m	-
Dilapidação dos Recursos Naturais – Energia Elétrica	X			D	T	L	I	Ir	M	m	g	-
Dilapidação dos Recursos Naturais - Materiais Construtivos	X			D	T	L	I	Ir	G	m	g	-

**LEGENDA:**

Tipo de Impacto: Direto (D) / Indireto (In)

Espacialização: Localizado (L) / Disperso (Ds)

Duração: Temporário (T) / Permanente (P)

Reversibilidade: Reversível (R) / Irreversível (Ir)

Temporalidade: Imediata (I) / Curto, Médio, Longo prazo (C,M,Lp)

Magnitude:

Pequena (P)

Média (M)

Grande (G)

Relevância/ Significância:

Baixa (b)

Média (m)

Alta (a)

A tabela 5 foi criada para quaisquer tipos e tamanhos de obras, como se pode observar, para o caso específico abordado nem todos os itens foram utilizados, ou simplesmente apresentam irrelevância para o caso. Observa-se também que os maiores problemas das obras envolvem o próprio material construtivo, desde sua obtenção até sua destinação final, onde pode causar grande impacto se não for devidamente alocado, ou em melhores situações reutilizado. Para alguns casos a destinação correta será o necessário como medida mitigadora, porém em outros é preciso uma compensação ambiental, e nos casos irreversíveis não existem medidas mitigadoras.

## **12 Exemplo de Aplicação**

No intuito de dar mais concretude aos objetivos do trabalho de fornecer elementos para a elaboração de uma política de construções sustentáveis na universidade e face a dificuldade de conseguir detalhar estes elementos para os diversos aspectos da universidade, escolhemos a gestão da água como um exemplo a ser aprofundado. A gestão de água foi escolhida devido a maior possibilidade de obtenção de dados em campo, tecnologias disponíveis e pesquisas na área.

Dessa forma, aqui se apresentam diretrizes pertinentes à gestão de água a serem adotadas pela universidade e incorporadas no prédio da engenharia ambiental, assim como na adequação das demais construções e também em novos projetos. O capítulo foi referenciado em normas brasileiras, literaturas e requisitos pensados pela EESC-Sustentável.

Quanto aos mecanismos economizadores de água devem-se monitorar as torneiras e as válvulas de descarga dos mictórios que, embora temporizadas, desperdiçam grande volume de água devido a grande pressão da caixa d'água e falta de manutenção. Além disso, para maior economia pode-se adotar: válvula do vaso sanitário com acionamento seletivo, ou seja, 3 ou 6 litros; e torneira de serviço ou de jardim com registro regulador de vazão máxima de 19L por minuto (GODOI,2012).

Uma alternativa interessante para o prédio da engenharia ambiental seria a adoção de um sistema de captação de água de chuva, que, além de servir para economia de água, teria o papel de exemplificar e acrescentar vivências práticas aos alunos da graduação e pós-graduação, servindo como laboratório para estudo e pesquisas. Nesse caso deve-se atender a Portaria no 518/2004; as NBR's 5.626, 10.844, 12.213, e 12.217.

Para implantação desse sistema deve-se escolher, primeiramente, a área de captação utilizando como critério prioritário as áreas impermeabilizadas do empreendimento onde não há circulação de pessoas ou animais, como, por exemplos, o telhado do prédio. Seu sistema de coleta 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); 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 (Figura 5).

A água capitada deve ser utilizada para lavagem de piso, irrigação do jardim e abastecimento dos vasos sanitários, sendo as torneiras de uso de águas pluviais bem identificadas. Se necessário deve-se agregar ao sistema um processo de desinfecção e um conjunto motor-bomba, responsável pelo recalque da água do reservatório para caixa d'água de alimentação da rede pluvial. Faz-se extremamente necessário, para

verificação de consumo e economia a partir dos sistemas adotados, a instalação de registros de leitura de água nas entradas de alimentação de água do prédio da engenharia ambiental.

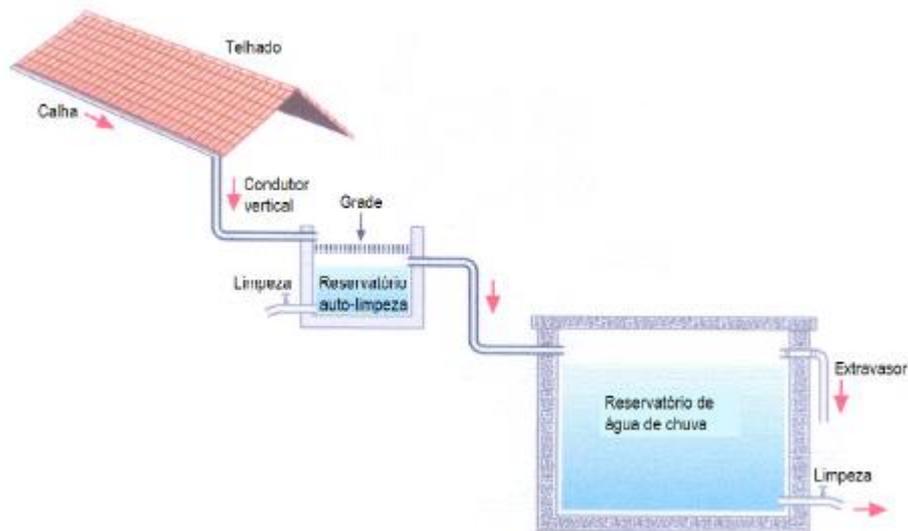


Figura 7-Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza.

Fonte: Tomaz (2009)

### 13 Discussão Crítica

Conhecendo-se todos os prejuízos que um edifício mal planejado e executado pode repercutir ambiental, social e economicamente; as construções sustentáveis tornaram-se saídas viáveis para reduzir a pressão e degradação sobre os recursos naturais. Respaldo nos princípios da sustentabilidade e alicerçados na legislação e normatização brasileira, já podemos encontrar exemplos de construções sustentáveis no Brasil, notadamente em grandes empreendimentos comerciais localizados no sudeste do País que, para melhor visibilidade no mercado, adquiriram o selo LEED; e em universidades do sul, como a UFSC.

Em contra partida, para ser amplamente difundida no Brasil, tornando-se uma tecnologia viável inclusive para populações de baixa renda faz-se necessário investir em tecnologias próprias e fomentar políticas públicas que estimulem essa prática. A USP, poderia atuar nos dois seguimentos, entretanto observa-se que sua política ambiental em relação as construções sustentáveis são ainda incipientes, uma vez que não existem diretrizes ou critérios que apontem no sentido de que os empreendimentos já existentes, ou novos, possuam uma gestão de recursos, materiais, resíduos e pensem em condições ambientais.

A SEF- Superintendência do Espaço Físico não possui nenhum regimento, manual técnico ou prática orientada na sustentabilidade dos empreendimentos, apenas cumpre aquilo que já é obrigatório pela lei, como, por exemplo, o processo de licenciamento dos empreendimentos. A SGA- Superintendência de Gestão Ambiental recém criada pela última reitoria e que passou por transição, com a posse da nova gestão da reitoria neste ano, ainda também não conseguiu apontar nada nesse sentido. No entanto, isso não significa que não haja esforços, ainda que difusos, na universidade

com o intuito de conceber novas construções com aspectos de sustentabilidade, ou mesmo o estabelecimento de diretrizes e critérios com um olhar mais atento aos aspectos construtivos da universidade em âmbito local, ao exemplo do Grupo de Trabalho Construções Sustentáveis da EESC-Sustentável.

A falta de integração na concepção e gestão dos projetos, entretanto, torna a USP obsoleta em relação à sustentabilidade, inclusive na área referente às construções. Dessa forma é necessário que haja intervenção em 3 aspectos prioritários: tecnologia, através de fomento de pesquisas e projetos relacionados ao tema; processo burocrático e financeiro, cuja falta de abertura e transparência dificultam a tomada de decisões, reavaliações e a participação da comunidade estudantil ou professores; e pessoal, através da capacitação dos funcionários, estudantes, professores e prestadores de serviços de forma que a política tenha, a médio e longo prazos, condições de ser implementada.

Faz-se necessário, contudo, que a curto prazo adote-se uma política ambiental que vise a sustentabilidade de suas edificações, e seja alicerçada por parâmetros e critérios que, a médio e longo prazos, possam ser adotados pelos engenheiros e arquitetos responsáveis pela elaboração dos projetos construtivos.

## **14 Bibliografia**

CAVALCANTE,L.G.; Materiais construtivos, sustentabilidade e complexidade – análise da relação entre especificação de materiais construtivos e desenvolvimento sustentável. São Paulo: USP/FAU, 2011.

CBIC- Camara Brasileira da Indústria da Construção. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, DESENVOLVIMENTO COM SUSTENTABILIDADE, 2012.

EDWARDS, B. Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona: Gustavo Gili,2004.

GBC Brasil. Green Building Council Brasil. Certificação Internacional LEED. Disponível em:< [www.gbcbrasil.org.br](http://www.gbcbrasil.org.br)>. Acesso em: Maio de 2014.

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

LAMBERTS,R.; GHISI,E.; PEREIRA,C.D.; BATISTA,J.O.: Casa eficiente : Bioclimatologia e desempenho térmico, volume 1. Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010.

LAMBERTS,R.; GHISI,E.; PEREIRA,C.D.; BATISTA,J.O.: Casa eficiente : Consumo e geração de energia, volume 2. Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010.

LAMBERTS,R.; GHISI,E.; PEREIRA,C.D.; BATISTA,J.O.: Casa eficiente : Uso racional da água, volume 3. Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010.