

USO DE UM SIMULADOR DA WEB PARA IDENTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE DE CONSTRUÇÕES CIVIS: UMA FERRAMENTA DE APOIO AO CIDADÃO

D.T.Z. Tomaszewski, E.G. Maldonado, F.P. Garcia, G.T.Silva, G. Pompermeyer, L. Bellezi e H. Fonseca Filho

RESUMO

Este trabalho identificou e analisou o nível de sustentabilidade de um edifício representativo dos existentes num campus da Universidade de São Paulo. A metodologia consistiu na seleção do edifício, na coleta de dados das características de sua construção e na resposta de questões objetivas de um simulador que funciona através da web e que classifica a obra quanto ao grau de sustentabilidade (alta, intermediária ou baixa). O trabalho discute as questões apresentadas pelo simulador e a referente pontuação de cada questão com base na literatura e na experiência da equipe de técnicos que acompanhou a obra. Como resultado da análise, o edifício foi classificado no nível intermediário de sustentabilidade, o que foi considerado bom e que refletiu bem as iniciativas em prol da sustentabilidade nas obras do campus. Concluiu-se, também, que o simulador respondeu bem como uma ferramenta de análise, pois conseguiu refletir de maneira adequada a condição do edifício analisado.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade mundial clama por maiores cuidados com o ambiente em todas as atividades humanas. O setor da construção civil no Brasil é uma das atividades econômicas que pode provocar impactos ambientais bastante altos, se a obra for construída nos moldes tradicionais. Em resposta a esta demanda pela diminuição dos impactos ambientais, várias tecnologias, técnicas e práticas tem sido desenvolvidas, estudadas e implementadas buscando novos modelos, processos e produtos para que a construção civil se torne, cada vez mais, sustentável. Além disso há várias formas de se medir o nível de sustentabilidade de um construção civil, desde as mais sofisticadas até a mais simples.

A Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (USP), localizada na Zona Leste do município de São Paulo, SP, Brasil, é uma unidade nova, inaugurada em 2005. Devido ao contexto histórico em que está inserida, pressupõe um grau maior de preocupação ambiental em sua construção. É público notório várias ações em prol da sustentabilidade da Escola.

Dentro deste contexto, foram levantadas algumas perguntas a serem respondidas: 1) qual o nível de sustentabilidade das construções civis da Escola? 2) quais são os instrumentos disponíveis para se mensurar os nível de sustentabilidade? 3) qual o grau de facilidade de uso destes instrumentos por um cidadão que não é especialista em engenharia, arquitetura ou sustentabilidade? 4) qual a sensibilidade de resposta de um sistema simples para mensurar a sustentabilidade de uma construção civil?

Assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) identificar e analisar o nível de sustentabilidade de um dos edifícios presentes na Escola que representasse bem os vários edifícios e construções existentes no *campus*. 2) Analisar o Simulador Construção Sustentável, disponível na *web* gratuitamente para se verificar seu desempenho na análise de um edifício e verificar sua facilidade de uso por um cidadão comum.

2 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir das discussões atuais sobre a questão ambiental surgiu, no âmbito da construção civil, a necessidade de avaliar seus impactos ao meio ambiente, uma vez que esta é uma das atividades humanas que mais causa danos ambientais em diversos âmbitos e fases de seu ciclo. Os sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifícios foram, em um primeiro momento, inspirados na prática de avaliação de impactos ambientais empregada em produtos industrializados utilizados durante as inúmeras fases da construção civil, ou seja, devem ser analisados os impactos desde a compra da matéria prima utilizada até a fase de disposição final do edifício.

Segundo Kalbusch (2007), a análise do ciclo de vida permite um cunho mais científico à avaliação ambiental, embora hajam limitações devido à complexidade e grande abrangência de seu procedimento. Mas, há vantagens, o que leva os métodos de avaliação na direção de incorporar conceitos de ciclo de vida.

Países desenvolvidos possuem sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifícios. Há sistemas voltados para o mercado, como o BREEAM (Reino Unido), o LEED (Estados Unidos), o CASBEE (Japão) e o CSTB (França). Há também os sistemas voltados para pesquisa, como o GBTool (de um consórcio internacional), que apresenta uma metodologia mais abrangente para orientação de novos sistemas (KALBUSCH, 2007).

Estes sistemas de avaliação disponíveis no mercado são sofisticados e exigem conhecimentos técnicos específicos nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Ambiente o que os torna pouco acessíveis à comunidade não acadêmica. Além disso, a maioria deles é pago, utilizados por empresas, geralmente, o que restringe ainda mais o seu uso pelo cidadão.

Provavelmente, a grande maioria dos cidadãos brasileiros nem sabe do que se trata a sustentabilidade. Assim, tudo que se puder fazer para aumentar a compreensão e conscientização sobre este tema é extremamente útil e válido e pode assumir um papel importante na Educação Ambiental para Sustentabilidade.

Softwares de jogos e simuladores podem ter um importante papel na educação ambiental do cidadão para sustentabilidade. Ambos podem se apresentar, de tal forma que possibilitam o contato do usuário (cidadão) com variáveis do ambiente e permitem a eles, quando interagindo com o jogo ou simulador, realizar escolhas de atitudes sustentáveis ou insustentáveis e verificar os resultados decorrentes de suas decisões.

De acordo com Silva e Passerino (2007), *softwares* de jogos podem trazer como objetivo o desenvolvimento de um ambiente virtual que permita a visualização, simulação e manipulação de objetos de estudo na educação ambiental. Nesse sentido, o SimCity, uma série de jogos de grande sucesso, permite o planejamento e construção de cidades, proporcionando ao seu comandante escolhas sustentáveis ou não. O jogo permite situações, como evidenciado em um estudo de caso de Lemos e Souza (2006), no qual a professora, ao acompanhar a interação de seus alunos com as possibilidades do jogo, pôde

evidenciar que os mesmos obtiveram reflexão acerca da noção de Desenvolvimento Sustentável. A escolha de não permitir a instalação de fábricas potencialmente poluidoras na "cidade" levou a um aumento do número de desempregados, de forma que os alunos puderam notar que não é possível olhar por apenas um ponto de vista.

Simuladores podem se apresentar através de questionários, por exemplo, que possibilitam ao usuário (cidadão) responder perguntas e simular condições do ambiente quando interagem com o software ou com a *web* e verificar os resultados de suas escolhas. Assim, por simulação é possível realizar a avaliação de sustentabilidade.

O fácil acesso as novas ferramentas virtuais disponíveis hoje em dia se tornou importante no avanço da educação e conscientização ambiental da população. De acordo com Rodrigues e Colesanti (2008), isso acontece devido ao fato dessas ferramentas tornarem o tema mais interessante, aproximando a sociedade dos problemas ambientais através de uma linguagem simplificada e formatação atrativa, como no uso de fotos e figuras, por exemplo. Para os autores a virtualidade nesse sentido pode representar um novo esforço na construção e incorporação de conhecimentos ambientais.

Há vários tipos de simuladores na *web*. Um deles é o Simulador Construção Sustentável, que é um dos componentes do Projeto Planeta Sustentável da empresa Editora Abril S/A. Pode ser considerada uma ferramenta para análise de sustentabilidade e está, disponível na *web* em <http://planetasustentavel.abril.com.br/simuladores/construcao.shtml>. Foi elaborada por uma equipe de arquitetos, agrônomos, engenheiros, urbanistas e pesquisadores, que elaboram conteúdos sobre sustentabilidade. Esse tipo de ferramenta pode ser facilmente utilizada pelo usuário (cidadão), sem a necessidade de conhecimentos técnicos profundos sobre sustentabilidade e/ou construção civil, o que a torna mais acessível aos cidadãos e estimula o conhecimento sobre sustentabilidade em construções civis.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu na seleção de um edifício da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP), localizada na Zona Leste do município de São Paulo, SP, Brasil, para ser analisado quanto ao seu nível de sustentabilidade. Foi escolhido o Edifício Instituto 1 (I-1) pois este representa bem os vários edifícios e construções existentes na Escola. Deste edifício foram coletados dados referentes às suas características de construção, através de visitas ao edifício e por meio de consultas aos Engenheiros, Arquitetos e Técnicos responsáveis pelas obras. Estes dados coletados serviram para alimentar e processar, via *web*, o Simulador Construção Sustentável e responder, com segurança, às questões objetivas e critérios de análise do referido Simulador. O Simulador Construção Sustentável é um dos componentes do Projeto Planeta Sustentável da Editora Abril S/A. Essa ferramenta, disponível na *web* <http://planetasustentavel.abril.com.br/simuladores/construcao.shtml> foi elaborada por uma equipe de arquitetos, agrônomos, engenheiros, urbanistas e pesquisadores, que elaboram conteúdos sobre sustentabilidade, dentre eles a metodologia de análise utilizada neste trabalho.

O Simulador analisa aspectos ambientais considerados na construção e uso de edifícios e calcula uma pontuação geral para o edifício em análise, classificando-o de acordo com os seguintes níveis de sustentabilidade: alta, intermediária e baixa. Com a finalidade de

avaliar o quão sustentável é uma construção civil, o ele se baseia em 22 perguntas, divididas em 15 eixos: Projeto; Serviços Preliminares; Fundação; Estrutura; Alvenaria; Cobertura; Instalação Hidráulica; Instalação Elétrica; Impermeabilização; Conforto Térmico; Esquadrias; Pintura; Revestimentos; Vidros e Serviços Complementares. As opções de resposta são variadas e abrangem opções de construções mais sustentáveis, intermediárias e mais danosas ao ambiente. Apenas uma opção por pergunta é aceita e cada uma corresponde a um certo número de pontos (0 a 20 pontos).

A soma final de todas as opções gera determinada pontuação, sendo 280 o máximo, que representa o tipo de construção mais danoso do ponto de vista ambiental. Quanto menor a pontuação, melhor o nível de sustentabilidade da construção, sendo zero o nível máximo de sustentabilidade. Assim, a pontuação total enquadra a construção dentro de três possíveis níveis de sustentabilidade: baixo, intermediário e alto, como pode ser visto na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1. Possíveis resultados do Simulador Construção Sustentável

Faixa de Pontuação	Sustentabilidade
Menos de 100	Alta
De 100 a 210	Intermediária
Mais de 210	Baixa

Cada opção de resposta foi estudada e entendida através de revisão bibliográfica e de consulta aos técnicos e engenheiros responsáveis pelo projeto, construção e manutenção do edifício I1. Dessa forma, foi verificada a qualidade das respostas, o que possibilitou análises, discussões e conclusões sobre nível de sustentabilidade do edifício I1 e sobre o desempenho do Simulador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos dados no simulador, a pontuação total do Edifício Instituto 1 (I-1) foi de 190 pontos. A pontuação de cada item e a somatória pode ser conferida na Tabela 2, adiante.

Projeto: Deeke *et al.* (2008) consideram o projeto a principal fase de uma construção, por ser aquela que define as etapas posteriores. Aspectos como o clima local e a iluminação devem ser considerados. Há dúvidas quanto a isso no projeto do I1, uma vez que especula-se que sua posição pode ter sido modificada de modo que sua fachada ficasse paralela com a Rodovia Ayrton Senna, dando assim maior visibilidade para obra. Por outro lado, a regra do norte pode ter prevalecido. De qualquer modo, os pontos obtidos pelo I1 nessa questão foram 20.

Serviços Preliminares: antes do início de uma obra alguns serviços podem ser executados, como o corte no terreno e derrubada de árvores, sendo que quanto menores as modificações necessárias, melhor do ponto de vista da sustentabilidade. Ainda segundo os preceitos da chamada arquitetura orgânica, a construção deve aproveitar a topografia natural, de modo a fazer parte da paisagem (WRIGHT, 1954). No entanto, não foi esse o cenário observado na construção da Escola, em que foi necessária pesada terraplanagem no terreno, uma vez que anteriormente esse era um local de descarte de entulho. Por esse

motivo, nesse item, a EACH obteve 10 pontos e, a única possibilidade para amenizar esse fator seria uma escolha mais criteriosa do local de implementação do campus da Escola

Tabela 2 Pontuação obtida pelo Edifício I-1 na aplicação do Simulador Construção Sustentável

Item	Pontuação
Projeto	20
Serviços Preliminares	20
Mão-de-Obra	10
Fundação	10
Estrutura	20
Alvenaria	20
Cobertura	10
Instalações hidráulicas	5
Uso da água	0
Esgoto	0
Instalações elétricas	10
Impermeabilização	10
Conforto Térmico	0
Esquadrias	10
Pintura	10
Pisos	10
Azulejos	10
Vidros	10
Rega	0
Decoração	5
Lixo	0
Total	190

Mão-de-obra: a sustentabilidade não leva em conta apenas aspectos econômicos e ambientais, mas também os sociais. Leis trabalhistas devem ser consideradas, assim como deve ser dada preferência para a contratação de profissionais da região, de modo a contribuir para a economia local. Em relação ao total de mão-de-obra na construção da EACH/USP, a local apresentou pouca representatividade - apenas 80 locais contra 500 contratados da equipe da construtora, sendo então escolhida para esse item do simulador o item b)"O arquiteto deslocou sua equipe para a obra", ao qual são atribuídos 10 pontos. O resultado poderia ter sido melhor caso os profissionais fossem treinados para evitar desperdícios na obra (MANETTI, 2007).

Fundação: a definição do tipo de fundação mais adequada para suportar a carga da construção é feita a partir da sondagem do solo. Pedras ou uma mistura de solo ou cimento são soluções mais sustentáveis, mas podem ser aplicadas apenas em solos muito firmes, enquanto produtos industrializados devem ser evitados sempre que possível. O solo da EACH/USP é considerado "difícil", o que leva à escolha do item b)"O terreno difícil pediu uma fundação reforçada com estacas pré-moldadas de concreto", de 10 pontos. Existem opções tecnológicas que melhorariam esse desempenho, como o cimento CPIII na mistura do concreto.

Estrutura e alvenaria: para a estrutura do edifício, os principais pontos a serem pensados são a disponibilidade ambiental local do material, de forma a se evitar o alto consumo de combustível fóssil para seu transporte, e o modo de produção e a procedência, no caso de materiais industrializados. O I-1 apresenta estrutura metálica de fechamento, com laje

Still Deck, assim recebendo 20 pontos. Outras tecnologias poderiam ter sido pensadas, como estruturas metálicas leves (MATEUS, 2004), ou a utilização de materiais de fornecedores mais preocupados com o ambiente. Essa atitude na Escola caberia aos órgãos centrais responsáveis pela infraestrutura da Universidade, que precisariam exigir dos projetistas e arquitetos posturas mais sustentáveis e exigências quanto aos tipos de materiais nas licitações e pregões.

Para materiais em geral, um requisito fundamental a ser considerado nas suas especificações é a preservação da saúde dos usuários da habitação e dos trabalhadores envolvidos na sua produção. Por exemplo, não devem ser utilizados tintas, vernizes, revestimentos, materiais ou produtos que contêm compostos orgânicos voláteis ou fibras que apresentem riscos à saúde, tais como o amianto ou metais pesados. Adicionalmente, a especificação de materiais da região também colabora para o desenvolvimento das indústrias locais, contribuindo assim para a dimensão econômica da sustentabilidade. A reutilização de materiais também é outra forma adotada para a redução de impactos ambientais, além de apresentar economia de gastos na obra (PESSOA, 2006).

Cobertura: a cobertura do edifício II é de policarbonato, que garante uma melhor entrada de luz. Assim, foi atribuído nessa questão 10 pontos. Outra alternativa sustentável seria uma cobertura verde, ou seja, um telhado que formasse um jardim sobre os prédios. Com excelentes qualidades térmicas e acústicas (SOLANO, 2008), a solução ainda é uma boa opção para o ambiente urbano, podendo ajudar a segurar a água de uma chuva forte e desse modo evitando enchentes, opção que não foi pensada para o projeto da Escola.

Instalações hidráulicas: nas tubulações de instalações hidráulicas, o policloreto de vinila (PVC) é o material mais comumente utilizado, devido ao seu menor custo e quase total imunidade ao ataque de bactérias e fungos em relação a outros materiais (ACETOZE, 1996). Mas, segundo Lima e Okimoto (2009), o plástico reciclado é o material que mais garante a sustentabilidade ao serem instaladas em tubulações, uma vez que se poupa sua matéria-prima, o petróleo. Na condução de água quente, a melhor opção é o CPVC (policloreto de vinila clorado), que se assemelha ao PVC, porém mais estável. Na Escola, o material escolhido para a tubulação de esgoto foi o PVC do tipo branco; para a água captada da chuva o PVC laranja, por possuir elevadas propriedades de isolamento acústico e; para os canos que transportam água quente, foi dada preferência ao cobre. Dessa maneira, a pontuação obtida pela Escola foi de 5 pontos.

Uso da água e rega: a indústria do setor da construção já desenvolveu uma série de equipamentos e soluções tecnológicas que aperfeiçoam o uso da água e vão de encontro ao o conceito de sustentabilidade e eficiência energética. A simples manutenção e o controle de vazamentos podem fazer diferença. Solano (2008) vai além e sugere o uso de coletores de água da chuva, enquanto Manetti (2007) o uso de torneiras com sensores ou com desligamento automático. A EACH/USP possui captadores de água da chuva nos telhados de três edifícios. A água captada passa por um filtro que retira impurezas maiores e é distribuída para todo o *campus*, sendo utilizada nas bacias sanitárias, mictórios e torneiras de jardim. Torneiras com desligamento automático e vasos sanitários com caixa acoplada de 6 litros são ainda outras medidas redutoras do consumo de água presentes no *campus*. Essa postura em relação à gestão do recurso hídrico rendeu à EACH zero ponto nesse quesito. Ainda, a rega de toda área verde do campus é feita com água de reuso, o que também não atribui nenhum ponto de acordo com o simulador.

Esgoto: a falta de saneamento básico tem sido responsável por crises ambientais e de saúde pública. Em zonas urbanas com concentração populacional elevada, a rede coletora de esgoto normalmente é eficiente no centro do sistema e inexistente ou com condições precárias na periferia. Uma possível solução para casas e prédios que possuem terrenos maiores é a instalação de estações de tratamento de esgoto, que descontaminam apenas o que é produzido no local e criam um ciclo ao reutilizar a água tratada. Na EACH, todo o esgoto produzido, tanto o sólido quanto o orgânico, é coletado e levado a uma estação de elevação de esgoto, de onde os resíduos seguem para a estação de tratamento de esgoto e então são enviados para a rede coletora. Assim, pelo tratamento de esgoto gerado ser feito dentro da própria EACH, a pontuação apontada pelo Simulador foi zero.

Instalações elétricas: a intervenção junto às instalações consumidoras é uma das principais linhas de atuação para promover o uso racional e eficiente de energia elétrica. Através de ações que aperfeiçoam o uso de energia elétrica é possível reduzir o consumo sem comprometer o desempenho, tendo como bons exemplos disso o uso de lâmpadas fluorescentes e de sensores de presença (ALVAREZ, 1998). Nos edifícios da EACH, apesar das instalações elétricas terem sido feitas com métodos convencionais, foram instalados de equipamentos redutores de consumo de energia, como lâmpadas fluorescentes de 32 W, além dos sensores indicados e ambientes com boa iluminação natural. Outra solução que necessita de grandes investimentos financeiros no projeto, mas que se revela eficiente e até lucrativa em longo prazo, é a instalação de painéis solares, que captam radiação solar e a convertem em calor, poupando energia no aquecimento da água. Segundo Meiriño (2004), a sustentabilidade deve estar na elaboração de projetos energeticamente eficientes. Durante a fase de projeto da EACH, foi pensada a instalação de placas solares, uma vez que a Escola possui telhados grandes. Porém por questões burocráticas, pelo alto valor de investimento inicial e pelo fato de que não supririam em totalidade a demanda energética da EACH, o projeto não foi executado. Contudo, estuda-se a possibilidade de instalações de placas para o aquecimento das futuras piscinas a serem construídas no *campus*. Dessa forma, a pontuação alcançada pelas medidas tomadas na EACH foi de 10 pontos, ficando na faixa intermediária entre os 20 pontos quando há instalações elétricas convencionais e a pontuação mínima (zero pontos) de soluções como a implantação de painéis solares e fonte eólica de energia.

Impermeabilização: a impermeabilização é um dos fatores de maior interferência na vida útil de um edifício, sendo que se não houver adequada aplicação da mesma o ambiente construído pode sofrer rápida deterioração pela ação das águas. Nesse sentido, além de se proteger o edifício para que esse seja mais durável, deve-se pensar também em qual tipo de proteção que será utilizada. Um dos impermeabilizantes mais sustentáveis é o à base de água e composto por poliol de óleos vegetais, caracterizado por não emitir compostos orgânicos voláteis e assim não poluir o ambiente nem prejudicar os trabalhadores que tem contato direto com o produto. Entretanto, o tipo mais comum de impermeabilizante são aqueles de componentes à base de petróleo, como a manta asfáltica de betume, que foi aplicada nos tetos de toda a Escola devido à sua flexibilidade, praticidade e custo conveniente. O simulador expõe esse tipo de aplicação como a menos sustentável, pontuando assim a EACH em 10 pontos. Há outras alternativas como a aplicação de resinas naturais de mamona ou a impermeabilização com lona plástica, inviável para o porte da EACH.

Conforto térmico: uma construção deve contar com um desenho bioclimático capaz de dotar os edifícios com um bom conforto térmico. Assim, algumas técnicas e materiais,

quando adequados ao clima, podem fazer diferença. Segundo a equipe técnica, o I-1 possui um sistema bioclimático que garante algum conforto térmico, tendo como consequência a diminuição do consumo energético. São visíveis as grades entre seus andares, que levam a circulação do ar pelo interior do edifício, além das aberturas nas laterais da cobertura, que refrescam os corredores naturalmente. Assim, se obteve zero ponto nessa questão.

Esquadrias: as melhores opções para esquadrias incluem materiais reaproveitados. Já produtos industrializados, como ferro, alumínio ou PVC, são sinais de consumo de energia matérias-primas virgens. Em toda a Escola optou-se por esquadrias de alumínio, levando a obtenção de 10 pontos nessa questão.

Pinturas: As tintas utilizadas na pintura do prédio são à base de látex e PVA (acetato de polivinila), que em geral possuem compostos orgânicos voláteis que são liberados na atmosfera com o passar dos anos, podendo ser prejudiciais à saúde dos moradores. Por esse motivo, nessa questão foram atribuídos 10 pontos. Uma boa opção são as tintas a base d água, que não liberam essas espécies de compostos, mas não foram utilizadas na EACH. A Arquitetura Orgânica (WRIGHT, 1954), por sua vez, prega o não uso de pinturas nem papéis de parede, sendo o único tratamento recomendado sobre um material aquele que o preserve, como a cera.

Alvenaria: para revestimentos de paredes internas existe uma tecnologia que utiliza painéis de madeira que, de acordo com Ferreira (2003), amenizam as variações dimensionais da madeira maciça, diminuem seu peso e custo e mantêm as propriedades isolantes térmicas e acústicas. Eles são fixados diretamente sobre a estrutura da parede, normalmente de alvenaria ou gesso. Há também o chamado *dry-wall*, revestimento prático, composto por uma placa de gesso, papelão, isolante térmico e acústico, e que economiza material e gera menos resíduo. Nas paredes do II foi utilizado um revestimento de madeira maciça, uma matéria-prima de origem não sustentável, obtendo 10 pontos. Poderia ter sido utilizada madeira de reflorestamento ou de demolição.

Pisos: os pisos do II contam com revestimentos totalmente cerâmicos, obtendo 10 pontos. Pisos desse tipo e também os vinílicos não são considerados sustentáveis, pois necessitam de muita matéria-prima para sua produção.

Vidros: a utilização abundante de vidros em uma construção, embora permita a insolação natural no interior das edificações, causa grande dano ambiental, uma vez que sua produção demanda um alto custo energético. Deve-se então utilizá-lo com moderação e, sempre que possível, dar preferência para o vidro de demolição. Na EACH, os vidros utilizados não são de demolição e no II eles são usados com abundância: compõem as barreiras de proteção nos vãos das escadas e o fechamento das laterais do prédio. Nessas condições, o edifício recebeu 10 pontos.

Lixo: este o é um dos maiores problemas urbanos e à medida que a população das cidades aumenta, a quantidade de lixo produzido também cresce. O destino do lixo gerado na EACH varia de material para material: papéis e papelões são separados pelo USP Recicla, entidade da Universidade, e em seguida são levados para a Cooperativa Flor da Penha, que realiza trabalhos sociais, dando-lhe um destino diferenciado e gerando renda para a comunidade local; a parte orgânica e a seca, como plástico, vidro e metal, é recolhida pelo Sistema de Limpeza Urbana da cidade de São Paulo (Limpurb). Ainda, um projeto da

entidade USP Recicla, visando à redução do consumo e geração de lixo na EACH através da substituição de copos descartáveis nos restaurantes universitários pelo uso de canecas duráveis, reduziu em 90% o uso de copos plásticos na Escola.

As lâmpadas fora de uso, têm um destino diferenciado. Elas são armazenadas, separadas por *wattagem*, e depois de acumuladas, são encaminhadas para a prefeitura de São Paulo, que contrata uma empresa privada para desmonta-las e reutilizar as partes ainda em boas condições. Já os computadores são encaminhados para o CCE (Centro de Computação Eletrônica) do *campus* Butantã da Universidade, onde algumas partes são reaproveitadas enquanto outras são encaminhadas para reciclagem. Já o entulho é destinado a um aterro inerte por uma empresa autorizada. Pilhas e baterias são coletadas pelo “papa-pilhas” e enviadas para a recicladora Suzaquim Indústrias Químicas Ltda., que se encarrega de sua reciclagem. No Restaurante Universitário o lixo gerado é separado em “resíduos alimentares” (orgânicos) e “lixo descartável” (secos), sendo cada um armazenado em um contentor específico e diariamente levado por uma empresa contratada, que utiliza os resíduos orgânicos para compostagem e reciclagem do lixo seco. Assim, pontuação alcançada foi de zero pontos.

Outros: Um fator que apesar de não ser abordado no simulador da Abril detém um grande impacto em um empreendimento do porte da Escola é a pavimentação, que neste caso tem dimensões de aproximadamente 2 km, incluindo vias de circulação e estacionamentos por todo o campus. Para a realização desse empreendimento foram consideradas algumas questões ambientais. Leite (2007) explicita que “o grande diferencial do pavimento do sistema viário da USP Leste (EACH) é o emprego do agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil nas camadas de base e sub-base em solução conjunta com o concreto asfáltico com asfalto-borracha na camada de rolamento”. Essa obra reutilizou em torno de dez toneladas de agregado reciclado em seus 2 km de extensão. Assim, pode-se dizer que a implementação desse tipo de empreendimento contribui consideravelmente para a retirada de resíduos que ficariam sujeitos à decomposição natural no ambiente por milhares de anos e contribuiriam para a sua degradação. Mesmo o simulador não considerando esse item, essa é uma importante iniciativa da Escola.

Tendo obtido 190 pontos, o edifício é enquadrando no nível intermediário de sustentabilidade. De acordo com o resultado do Simulador, os classificados no nível intermediário estão “no caminho certo” para a sustentabilidade. Os usuários são convidados a aprender mais, através do próprio simulador, sobre como tornar sua construção sustentável.

Ainda, deve ser feita a ressalva de que se encontrou alguma dificuldade na avaliação de algumas questões por não apresentarem alternativas de respostas que se enquadrassem perfeitamente à realidade do Edifício. Nesses casos, utilizou-se do bom senso para adaptar as respostas ao que fora observado na arquitetura da EACH e chegar a um resultado razoável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da aplicação do Simulador Construção Sustentável, foi possível constatar a presença de preocupação ambiental intermediária na construção do edifício II da EACH. No caso estudado, foi constatado que o resultado apresentado pelo Simulador foi coerente com os dados observados, refletindo de maneira adequada as preocupações ambientais

consideradas na construção do edifício. Estima-se que esse nível de preocupação ambiental possa ser considerado para o *campus* como um todo, devido à semelhança das características estruturais do II com as demais edificações da EACH, considerando-se também que algumas questões do Simulador exigiam para sua resposta a abordagem do *campus* por completo.

Esse simulador apresenta consideráveis vantagens em relação a outras metodologias de avaliação mais complexas. Sua aplicação é fácil e rápida, podendo ser feita em poucos minutos a partir do momento em que se têm as informações a respeito da obra a ser avaliada. Ainda, por não exigir conhecimentos técnicos aprofundados de construção civil e/ou sustentabilidade, pode ser utilizado pelo público em geral, e não exclusivamente por engenheiros, gestores ou especialistas dessas áreas. Tal fato lhe confere uma maior abrangência de usuários, permitindo que um maior número de pessoas, aplicando-o, avalie sua residência - ou outros tipos de construções com as mesmas características estruturais básicas e, através do resultado obtido, implemente ou busque opções mais sustentáveis para sua construção e para obras futuras. Isso gera benefício ambiental e ainda, estando na *internet*, o Simulador encontra-se disponível para o fácil acesso de um grande número de usuários, o que multiplica seu potencial de gerar esse benefício.

Calcular um nível de sustentabilidade é uma tarefa criticada por alguns autores devido à complexidade das questões ambientais e à dificuldade em atribuir valores a cada "item ambiental". Metodologias como as LEED ou ISO tentam realizá-lo de maneira mais minuciosa e detalhada. O Simulador, comparado a essas metodologias, apresenta extrema simplicidade e suas respostas, por serem alternativas, as vezes são restritas, o que pode demandar adaptações e relativizações para serem respondidas. Por conta desses fatores a análise da sustentabilidade da construção pode ser superficial. Em contrapartida, as metodologias citadas são de acesso restrito e apenas aplicáveis por especialistas das áreas de construção e de sustentabilidade, o que acaba por restringir a abrangência do seu benefício ambiental.

A ascensão e repercussão da questão ambiental é um fenômeno que data das últimas décadas. A disseminação e adoção pela sociedade do paradigma da sustentabilidade tem acontecido também recentemente, juntamente à tentativa de inseri-lo nas atividades humanas, dentre elas a construção civil. A EACH é um *campus* recente, nascido num contexto histórico-cronológico transicional da questão ambiental, no qual as preocupações com o meio ambiente se afluam de maneira progressiva. Isso se traduziu em sua construção, na qual o Simulador apontou e foi observado um nível intermediário-transicional de consideração quanto aos aspectos ambientais.

Novas edificações promovidas pela Universidade de São Paulo potencialmente apresentarão um comprometimento com a sustentabilidade cada vez maior, refletindo o processo de consolidação do paradigma da sustentabilidade. Como exemplo, o Centro de Estudos do Clima e Ambientes Sustentáveis (CECAS) da USP. O projeto do edifício, com previsão de inauguração em 2011, apresentou minucioso estudo de aproveitamento das características naturais locais, pretende produzir 100% da energia que consumir, utilizar painéis solares e sistema de resfriamento natural, dentre outras iniciativas e tecnológicas sustentáveis. O projeto representa um novo modelo de construção civil sustentável na Universidade e possivelmente nos edifícios públicos em geral.

O atual modelo de construção civil vem sendo revisto para deixar de ser uma das atividades mais degradantes para o meio ambiente. Parte-se em busca do que pode ser chamado de “construção sustentável”, ou seja, pensar projetos que levem em consideração os princípios da sustentabilidade, visando incorporar o uso de materiais mais adequados, desenvolver tecnologias que reduzam desperdícios e adequar-se ao meio socioambiental em que será inserido. A *internet*, e ferramentas da *web*, como os simuladores, têm potencial para serem difusores dessas preocupações e permitir à população o acesso a esse contexto, enquanto, a Universidade, como centro de conhecimento científico, tem papel importante como fomentadora e precursora dessa nova busca.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Engenheiro Civil Luciano Piccoli, Assistente Técnico de Infraestrutura da EACH/USP, durante a realização deste trabalho, pelas informações sobre os diversos aspectos das obras do *campus* e do edifício analisado; à Dra. Liedi Légi Bariani Bernucci, Professora Titular do Departamento de Engenharia de Transpores da Escola Politécnica da USP, pelas informações prestadas sobre o sistema de asfalto.

7 REFERÊNCIAS

Acetoze, A. L.(1996) **Manual Trikem de produtos de PVC utilizados na construção civil**, Editora Pini, São Paulo.

Alvarez, A. L. M.(1998) **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares**, Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Deekw, V. Casagrande, JR. Da Silva, E. Correia, M.(2008) Edificações Sustentáveis em Instituições de Ensino Superior, **7º Seminário Internacional "Espaço Sustentável: Inovações em Edifícios e Cidades**, Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.usp.br/nutau/CD/03.pdf>>. Acesso em: 09 out. 09.

Ferreira, O. P.(2003) **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Kalbusch, A. Gonçalves M. O.(2007) **Critérios de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários em Edifícios de Escritórios**, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo. Disponível em:
<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF2007_2sem/BT467_kalbusch.pdf> . Acesso em: 13 out. 09.

Leite, F. da C.(2007) **Comportamento Mecânico de Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil em Camadas de Base e Sub-Base de Pavimentos**, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lemos, M. de F. R. e Souza, M. F.(2006) **Uso do *software* simulador SimCity: Produção de uma cidade virtual, levando em consideração conteúdos de sistema de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável**, Trabalho de Conclusão de Curso, Rio Grande do Sul.

Lima, E. G e Okimoto, M. R.(2009) Revisão da Aplicação de Produtos Biopolímeros Obtidos Pela Reciclagem de Plásticos em Design, **Revista Iberoamericana de Polímeros**, 10(5) 244-259.

Manetti, P. D.(2007) **Casa Sustentável, uma Alternativa Possível**. Monografia para o concurso “Prêmio Senador Milton Campos” promovido pela Fundação Milton Campos e o Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, Brasília.

Mateus, R. S.(2004) **Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção**, Dissertação de mestrado, Guimarães: Universidade do Minho.

Meiriño, M.J. (2004) **Arquitetura e sustentabilidade**. Texto especial 227. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp227.asp>>. Acesso em: 1 abr. 10.

Orsi, Á. e Simon, C. L. Asfalto Borracha: uma alternativa ambiental para pneus em desuso, **Revista Eletrônica de Jornalismo Investigativo**. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/ensinodareportagem/meiob/asfaltob.html>>. Acesso em: 02 dez. 09.

Pessoa, E.V.(2006) **Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil: estudo de casos de alternativas adotadas para segregação, coleta e destinação de resíduos da construção de edificações**, Mestrado em engenharia ambiental urbana, Universidade Federal da Bahia.

Rodrigues, G. Z. Colesanti, M, T.(2008) Educação ambiental e as novas tecnologias de informação e comunicação, **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20(1), 51-66.

Silva, A. A. e Passerino, L. M.(2007) A Fazenda: *Software* Educativo para a Educação Ambiental. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, 5(2) 1-10

Silva, V. G. (2003) **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica**, Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Solano, R.(2008) **A Importância da Arquitetura Sustentável na Redução do Impacto Ambiental**. 7º Seminário Internacional "Espaço Sustentável: Inovações em Edifícios e Cidades. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: São Paulo. Disponível em: <www.usp.br/nutau/CD/28.pdf>. Acesso em 14 nov. 09.

Wright, F. L.(1954) **The natural house**, Hoizon Press, New York.