



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

A DISCIPLINA DE SUSTENTABILIDADE NO AMBIENTE CONSTRUÍDO: ESTUDO DE CASO NA UFPR

SAVI, Adriane (1); HÜTNER JR, Ormy (2); UHMANN, Isaura (3); OLIVEIRA, Luciana (4); SEBRÃO, Fabiani (5); FERNANDES, Ivan (6); FARIA, Fernanda (7); NEVES, Fernando (8); NORONHA, Flávia (9); BREGINSKI, Herminia (10); TAVARES, Sergio (10).

(1)UFPR:adriane@tellus.arq.br (2)UFPR: junior@tellus.arq.br, (3)UFPR: isaura.uhmann@gmail.com,

(4)UFPR: luciana.ban@hotmail.com (5)UFPR: fabi.franzen@gmail.com (6)UFPR: ivan.r@pucpr.br

(7)UFPR: ferr.cardoso@hotmail.com (8)UFPR: fernando.neves@ifpr.edu.br

(9)UFPR: flavia@flavianoronha.com (10)UFPR: herminiadb@gmail.com

(11)UFPR: sergioftavares@gmail.com

RESUMO

A educação desempenha um papel fundamental na sensibilização dos profissionais para a construção de um futuro mais sustentável e oportuniza a discussão de propostas e pesquisas relacionadas à temática. O investimento na formação de graduandos e pós-graduandos é uma forma direta e eficiente de alcançar esse objetivo. Este artigo busca descrever o método de ensino da disciplina de Sustentabilidade no Ambiente Construído, do Programa de Pós graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. A abordagem ocorreu sob uma perspectiva colaborativa e dirigida para a resolução de problemas a nível local, regional e global, fomentando um novo modo de pensar o ensino e a aprendizagem. Sendo assim, a disciplina foi estruturada oportunizando a revisão bibliográfica e a análise de materiais disponibilizados para suprir a demanda em tecnologias e materiais mais sustentáveis. Com base em diferentes pesquisas, foi abordada a temática da ACV (análise do ciclo de vida) e ACVE (análise do ciclo de vida energético) nas edificações. O encerramento da disciplina deu-se através da elaboração de um projeto arquitetônico, aplicando os fundamentos abordados. A elaboração do projeto arquitetônico materializou os conhecimentos adquiridos principalmente na análise do impacto ambiental relacionando os materiais especificados ao índice de emissão de CO₂, em todo o ciclo de vida do material, desde a produção até a fase operacional da edificação.

Palavras-chave: Ensino, sustentabilidade, ambiente construído.

ABSTRACT

Education plays a key role in the awareness of professionals to build a more sustainable future and gives opportunity to discuss theoretical proposals and practices related to the theme. Investment in training of undergraduate and graduate students is a direct and efficient way to achieve this goal. This paper aims to describe the methodology of teaching the discipline of Sustainability in Built Environment, to the post Graduate Civil Construction Engineering program of Federal University of Paraná. The approach occurred under a collaborative perspective and directed toward the resolution of problems at local, regional and global levels, promoting a new way of thinking about teaching and learning. Thus, the discipline has been structured opportunity to the literature review and analysis of available materials to supply the demand for more sustainable technologies and materials. Based on different researches, addressed the topic of LCA (life cycle analysis) and AELC (analysis of the energy life cycle) in buildings. Closing the discipline was made through the development of an architectural design, applying the basics covered. The development of architectural design materialized knowledge acquired mainly in environmental impact analysis relating to the materials specified index of CO₂ emissions throughout the life cycle of the material, from production to the operational phase of the building.

Keywords: education, sustainability, built environment.

1 INTRODUÇÃO

É necessária a alteração da mentalidade em relação ao desenvolvimento, para que se atinja uma visão de sustentabilidade. Isso pode ser obtido mediante esforços e transformações, a longo prazo, na educação, em todos os seus níveis (CORTESE, 2003).

Fomentar as discussões acerca do meio ambiente e o reflexo desse pensamento em projetos e obras de construção civil, justificam o surgimento de disciplinas nos currículos de arquitetura e engenharia, ampliando a consciência global dos profissionais.

Edwards (2013) cita alguns princípios adotados pela UIA (União Internacional dos Arquitetos), dos quais declara no segundo princípio que os arquitetos têm uma responsabilidade pública e deveriam refletir sobre o impacto social e ambiental de suas atividades profissionais. O terceiro princípio afirma que os arquitetos devem se esforçar em melhorar o meio ambiente, a qualidade de vida e o habitat de maneira sustentável.

Considerando a universidade um núcleo disseminador do conhecimento, acredita-se que a educação é a chave para que a consciência sustentável possa ser despertada.

É fundamental que as instituições de ensino apresentem uma preocupação com o desenvolvimento sustentável e para isso, além de atividades acadêmicas relacionadas à formação do pensamento crítico sobre a educação sustentável, é necessário que trabalhem sob um sistema de gestão integrada abrangendo os impactos causados por suas atividades.

O presente artigo aborda o método utilizado na disciplina de sustentabilidade aplicada, do programa de pós-graduação em engenharia de construção civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR), que tem como diretriz a pesquisa de temas relacionados à prática da construção civil e medidas mitigadoras de impacto ao meio ambiente. Os mestrandos basearam-se em artigos científicos, livros, dissertações e teses de autores renomados e também buscaram dados e informações com referencial comercial para apresentação de seminários sobre metodologia da análise do ciclo de vida, eficiência energética, cálculo de energia embutida, emissão de CO₂ dos materiais construtivos e técnicas alternativas para redução do impacto ambiental, possibilitando assim ampliar a compreensão do papel da edificação nesta discussão.

2 DISCIPLINA SUSTENTABILIDADE APLICADA

“Os edifícios são os poluentes mais nocivos, consumindo mais da metade de toda a energia utilizada nos países desenvolvidos e produzindo mais da metade de todos os gases que vêm modificando o clima” (ROAF, 2006).

É primordial que a indústria da construção civil proporcione a tecnologia necessária para atender as necessidades de desenvolvimento humano. A indústria da construção civil comercializa vários produtos para melhorar a qualidade de vida. Entretanto é importante reconhecer que as práticas da construção civil são um dos principais contribuintes para os problemas ambientais, principalmente devido à utilização de materiais não renováveis (BIANCHINI E HEWAGE, 2011).

A disciplina buscou fomentar a discussão acerca da arquitetura sustentável, conceituando e compreendendo as variáveis que a envolvem, e foi estruturada de forma a abordar diferentes linhas de pesquisas, o progresso que a pesquisa científica tem proporcionado nos dias atuais e o que o mercado está oferecendo para suprir essa

demandas em tecnologias e materiais mais sustentáveis, ou seja, de menor impacto ambiental, maior eficiência energética e benefícios à saúde humana.

Como subsídios a esta discussão, foram realizadas leituras, estudos e análises críticas de alguns livros que fundamentam e direcionam a prática de projetos mais sustentáveis, tais como: Ecohouse, a casa ambientalmente sustentável de Sue Roaf, Manuel Fuentes e Stephanie Thomas (2006); Guia básico para a sustentabilidade de Brian Edwards (2013) e Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis de Marian Keeler e Bill Burke (2010); além da tese intitulada Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras, de autoria do professor Dr. Sérgio Fernando Tavares (2006).

2.1 Produção Científica Nacional e Internacional - Seminário I

A primeira atividade desenvolvida na disciplina teve como objetivo fomentar a análise da produção científica nacional e internacional de autores consagrados, com foco na sustentabilidade aplicada às edificações. Neste seminário, os mestrandos foram orientados a conhecer linhas de pesquisa sem correlação direta com o tema de suas dissertações, ampliando o conhecimento de cada um. Desta forma, foi designado a cada aluno a análise de um tema específico que abordasse um autor referenciado e na sequência, um novo estudo com a atualização do mesmo tema, com resultados atualizados. Segue abaixo pontos abordados nessa análise e disutidos durante a disciplina.

Em torno da discussão sobre análise do ciclo de vida, Harris (1999) afirma que a análise deve ser feita considerando o uso de matéria-prima, energia embutida, propriedades térmicas, a instalação, os requisitos de manutenção, a vida útil, a toxicidade, o descarte e a reciclagem. Rincón *et al.* (2013) afirmam que os impactos ambientais de uma construção podem ser analisados por meio de dois sistemas complementares: AFM (Análise de Fluxo de Materiais) e ACV (Análise do Ciclo de Vida). A metodologia de AFM avalia o fluxo de entrada e saída de materiais de um sistema definido no espaço e no tempo. A ACV é um processo de avaliação dos pesos ambientais associados ao produto, processo ou atividade, identificando e quantificando o uso de materiais, energia e descarte ao meio ambiente (*from cradle to grave*). Foi dado um destaque para o artigo de Rincón *et al.* (2013), que acrescenta ainda os chamados fluxos ocultos –materiais extraídos e não compatibilizados do meio ambiente, mas necessários para se obter o resultado final.

Baird Alcorn (1997) apresentam um breve relato sobre os métodos de análise de energia em quatro níveis, e um estudo sobre a energia embutida em materiais de construção de edificações residenciais na Nova Zelândia, por meio da comparação dos coeficientes dos materiais envolvidos os autores concluem que a variação percentual é muito baixa.

O artigo publicado por Thormark (2001) revela que o consumo total de energia durante o ciclo de vida de um edifício é um campo de pesquisa em crescimento. A energia incorporada se torna uma parte considerável do consumo total de energia em edifícios de baixo consumo energético. A autora cita ainda as vantagens da reciclagem, que oferece a oportunidade de reduzir a energia incorporada por meio do reuso desses materiais. A energia segundo a autora foi responsável por 45% da necessidade total de energia utilizada e o potencial de reciclagem ficou entre 35% e 40% da energia total incorporada.

Mithraratne e Vale (2003) descrevem um método desenvolvido pela Universidade de Auckland para detalhar a análise do ciclo de vida para uma residência na Nova Zelândia, baseada na energia embutida e energia operacional requerida, e custo do ciclo de vida ao longo da vida útil do edifício. A pesquisa demonstrou a análise do ciclo de vida e o uso eficiente dos recursos limitados no setor de construção residencial.

Yung, Lam e Yu (2013) descrevem sobre a auditoria no ciclo de vida energético das edificações, abordando uma análise de 38 pesquisas que incluíram 206 casos em 16 países cuja finalidade foi oferecer uma base de dados e análise de energia embutida e energia operacional, fornecendo assim informação útil e confiável para projetistas e tomadores de decisões na área de sustentabilidade.

Fomentando os estudos sobre a análise do ciclo de vida energético Keoleian *et al.* (2003) abordam as dificuldades de modelagem e as implicações de projeto ao analisar o ciclo de vida energético e o desempenho ambiental de uma edificação universitária com ciclo de vida útil projetado para 75 anos. Com o objetivo de avaliar o ciclo de vida dos materiais com relação ao impacto ambiental causado por estes, foram analisados fatores como consumo de água primária, potencial de aquecimento global, potencial de destruição da camada de ozônio, potencial de nutrificação e acidificação e a geração de resíduos sólidos. Com isso, os autores concluem que os serviços de HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e o consumo de eletricidade no edifício representam 94,4% do consumo de energia primária do ciclo de vida. Concluem ainda que a implementação de tecnologias renováveis reduziria a fase operacional da edificação e que as mudanças futuras podem influenciar no tempo de vida estimado e no desempenho ambiental. (KEOLEIAN *et al.* (2003))

Em seu artigo sobre seleção de materiais para construção civil, Treolaret *et al.* (2001) defendem a influência na seleção de materiais tanto na energia embutida das construções quanto na energia operacional. Segundo os autores, para garantir estratégias mais sustentáveis com relação aos gases do efeito estufa originados pelas construções, a energia embutida e a energia operacional devem ser otimizadas. Para tal apresentam o cálculo de energia embutida de diversas opções de materiais utilizados em uma obra. Demonstram também a redução de energia operacional em edificações através de estratégias de eficiência termoenergética, como utilização de vidros duplos em janelas e isolamento térmico através de parede dupla de tijolos.

Na abordagem sobre telhados verdes, Kosareo e Ries (2006) compararam uma cobertura convencional com um telhado verde extensivo (fina camada de substrato) e um telhado verde intensivo (espessa camada de substrato), objetivando determinar a opção de menor impacto ambiental. Os resultados, com base no inventário do ciclo de vida, mostram que em todos os casos as alternativas com telhado verde são preferenciais, e indicam que telhados verdes extensivos e intensivos reduzem em cerca de 50% os impactos ambientais, sendo que o impacto é ainda menor com o telhado verde intensivo. Castleton *et al.* (2010) destaca a importância da espessura do substrato nas coberturas verdes ressaltando que quanto maior a espessura do substrato, maior o isolamento térmico que este proporciona. Köhler (2002) apresenta os benefícios dos telhados verdes intensivos e extensivos e realiza um experimento com foco nas condições térmicas e na retenção de águas pluviais.

Assim como Kosareo e Ries (2006) e Castleton (2010), Köhler (2002) conclui que as superfícies com telhado verde apresentaram temperaturas mais amenas e com menor amplitude térmica. As superfícies com telhados vivos retêm as águas pluviais resultando em menores índices de escoamento. Lee *et al.* (2013) em sua pesquisa traz uma

atualização do estado da arte das pesquisas científicas sobre o tema, apontando que ainda são diversas as pesquisas sobre temperatura das superfícies e retenção de águas pluviais.

Houveram ainda estudos relacionando os telhados verdes ao “*retrofit*”, ao sequestro de CO₂, à redução da poluição sonora, entre outros benefícios.

2.2 O estudo do Ciclo de Vida Energético – ACVE na disciplina de Sustentabilidade Aplicada

Conforme destacado nos artigos analisados, compreender e aplicar uma arquitetura sustentável não pode ser dissociada da análise dos materiais e seus impactos. Desta forma o núcleo de discussão da disciplina foi a ACV, mais especificamente, a ACVE (análise do ciclo vida energético).

Durante o processo fomentou-se a discussão da relação da ACV estuda e os aspectos ambientais, impactos potenciais e a energia consumida ao longo da vida útil de um produto, isto é, do “berço ao túmulo”, desde a extração de matéria-prima até a demolição e descarte, passando por produção, uso e disposição (NBR 14044, 2009).

As crises energéticas da década de 70 colocam a redução do consumo na pauta das discussões econômicas e ganham o reforço da problemática ambiental, ampliando o debate para a área da construção civil (CIB, 1999 *apud* TAVARES, 2006; ROAF, 2006). Nesse tipo de análise (ACVE) observa-se a importância da chamada Energia Embutida, sendo o conjunto dos insumos energéticos para a fabricação e transporte de materiais e outros insumos indiretos relacionados. (TAVARES, 2006)

O projeto arquitetônico quando norteado pela análise do ciclo de vida pode contribuir de forma importante para a sustentabilidade. As edificações podem produzir sua própria energia, captar e reciclar sua própria água, utilizar materiais reciclados e promover a reutilização de resíduos, além de manter o equilíbrio entre o CO₂ produzido durante sua construção e uso e o CO₂ transformado novamente em oxigênio mediante o plantio de árvores em outras áreas (CORBELLA e YANNAS, 2003).

Qualquer atividade de transformação ou transporte de matéria implica em uso de uma forma de energia. O entendimento dos fluxos energéticos é fundamental para a compreensão da maneira como se consomem os recursos energéticos disponíveis (TAVARES, 2006).

O ciclo de vida energético das edificações do programa brasileiro de habitação “Minha casa, minha vida” foi estudado por Paulsen (2013). A pesquisa mostrou que, no ciclo de 50 anos do projeto, a energia incorporada é 30% do total do ciclo de vida neste período.

Tavares (2006) conclui que 73% do consumo residencial de energia está relacionado à energia para fabricação de materiais de construção além do transporte e desperdício junto à energia operacional de cocção. Mas o autor afirma que a oferta interna de energia no Brasil é de 59% de fontes não renováveis.

Toda a discussão referente a este tema deve ser incorporada como diretriz dentro de um processo de concepção de um projeto arquitetônico. A compreensão que a sustentabilidade de uma edificação não pode ser analisada meramente pelos materiais que a compõem, por mais sustentáveis que sejam, mas sim pela sua sustentabilidade durante todo o ciclo de vida da edificação.

2.3 As certificações e a importância no desenvolvimento do mercado da construção civil.

Com o objetivo de compatibilizar os estudos científicos às necessidades dos profissionais de arquitetura e engenharia, foram incentivadas discussões acerca dos selos e programas de certificação ambiental de edificações.

As principais certificações utilizadas no Brasil foram analisadas nesta disciplina, a fim de entender os métodos de certificação dos selos LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), Aqua (Alta Qualidade Ambiental), Selo azul da Caixa, Selo Sustentax e Procel Edifica.

A abordagem quanto a importância da interpretação das certificações norteou os estudos, segundo Xavier (2011), a certificação de um edifício não necessariamente atesta que o empreendimento seja sustentável ou não, pois é preciso avaliar se a certificação foi obtida por preencher critérios do selo ou pontuar estrategicamente o suficiente para receber um status de obra sustentável. Assim, é importante a análise crítica, considerando que mesmo edifícios certificados podem apresentar características não sustentáveis.

Destaca-se o estudo de Hilgenberg (2010), que buscou entender o sistema Aqua, e verificar a sua eficiência na aplicação no Brasil. Segundo o autor, este selo tem grande credibilidade, visto que os critérios de certificação estão embasados em normas e leis nacionais e internacionais. Hilgenberg (2010) destaca ainda:

Quanto mais forte for a sensibilização do mercado, mais exigente ele fica e, com isso, temos mais quantidade e qualidade de produtos certificados. Com a prática do desenvolvimento de produtos com preocupação ambiental, os profissionais ficam mais experientes na área e melhor qualificados para aprimorar técnicas e desenvolver tecnologias com melhor desempenho (HILGENBERG, 2010).

Outro selo que merece destaque no cenário é o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal. "O Selo Casa Azul é uma classificação socioambiental de empreendimentos residenciais da Caixa Econômica Federal. É o primeiro sistema de certificação criado para a realidade da construção habitacional brasileira" afirma Grünberg *et al.* (2014). Em sua pesquisa destaca que segundo o método de análise hierárquica o Selo Casa Azul obteve um melhor desempenho que o processo Aqua, mas com pontuações próximas, segundo os autores a pontuação do LEED for homes foi muito inferior, evidenciando que os sistemas idealizados para a realidade nacional são mais eficientes (GRÜNBERG *et al.* (2014).

2.4 Tecnologias sustentáveis Seminário II

No transcorrer da disciplina, a segunda atividade lançada foi um Seminário em duplas, que consistiu na pesquisa e análise de materiais mais sustentáveis disponíveis no mercado, correlacionando-os a estudos publicados em periódicos científicos. A escolha dos materiais a serem pesquisados foi realizada pelos alunos. A busca pela informação foi fundamentada na aplicabilidade do material e referencial científico. Este trabalho teve como objetivo determinar a escolha dos materiais a serem aplicados no projeto arquitetônico mais sustentável, elaborado paralelamente pelos mestrandos e consistiu a atividade final de conclusão da disciplina. A finalidade foi obter um conjunto amplo e completo de materiais mais sustentáveis para compor a edificação. Desta forma, o leque de materiais e técnicas analisados englobou diferentes aspectos de uma edificação. Destaca-se a seguir algumas das tecnologias discutidas nessa etapa.

2.4.1 Elementos de Vedação

Com o objetivo de analisar tecnologias que se diferenciem do sistema tradicional construtivo no Brasil - alvenaria cerâmica, avaliou-se o sistema de painel cimento-madeira que pode ser utilizado como elemento de vedação, contribuindo assim com o desempenho térmico e acústico das edificações. Pode ser produzido através de resíduos de madeira oriundos da construção civil ou das madeireiras, e a quantidade de cimento utilizada para sua produção é pequena, reduzindo assim a energia embutida e a emissão de CO₂ ou seja diminui o impacto ambiental.

Ainda como material de vedação foi abordado o sistema construtivo Poroton, que é um bloco cerâmico de tecnologia alemã que tem como diferencial a redução da densidade do material cerâmico pela adição de materiais orgânicos à massa básica de argilas. Tais materiais entram em combustão durante o processo de queima dos blocos e deixam vazios que aumentam a capacidade de isolamento térmico e acústico, além de contribuir no processo de queima dos blocos, gerando calor e reduzindo o tempo de queima dos tijolos de 48h, que é o ciclo de queima da cerâmica vermelha tradicional no Brasil, para 24h.

Na Alemanha, a adoção desse processo no decorrer de 10 anos, reduziu em 40% o consumo energético médio do setor. No entanto, a conclusão em torno desse sistema é que a precariedade da produção de blocos cerâmicos no Brasil inviabiliza a implantação do sistema alemão de fabricação, o qual se baseia em diversos controles de qualidade e processos automatizados.

2.4.2 Esquadrias

Visando a eficiência da edificação explorou-se o estudo de esquadrias de madeira com vidros duplos, sendo destacada a importância do uso da madeira comparada com outros materiais. Kamke (2009) afirma que a madeira oferece algumas vantagens, como ser um recurso renovável e necessitar de menos energia para o processamento, resultando em menos resíduos poluentes. Como material isolante, a madeira é 400 vezes mais eficaz do que o aço e 1,8 mil vezes mais eficaz do que de alumínio.

2.4.3 Coberturas

Como soluções de cobertura para edificações, um dos sistemas explorados foi o telhado verde, que apresenta algumas vantagens em relação aos sistemas tradicionais comumente utilizados.:

As chamadas coberturas verdes podem constituir alternativas viáveis para minimizar as altas temperaturas do interior das edificações, provocadas pela radiação solar excessiva, além de auxiliar as cidades a controlar inundações (absorvendo uma parte da água pluvial), melhorar a qualidade do ar, prolongar a durabilidade da cobertura e reduzir custos de energia. (MORAIS E RORIZ, 2004).

Além da eficiência térmica, destaca-se a capacidade de retenção de água da chuva, que pode reduzir as enchentes e as ilhas de calor nos centros urbanos. Esse sistema pode ser utilizado juntamente com placas fotovoltaicas e coletores solares para aquecimento de água destaca (BALDESSAR, 2012)

Segundo Aldabó (2002) *apud* Mendonça (2009), é comum a utilização do recurso solar para o aquecimento residencial passivo e o fornecimento de energia elétrica para sistemas autônomos remotos. O primeiro grupo faz parte das aplicações térmicas e o segundo das fotovoltaicas. A conversão térmica ativa consiste no aproveitamento da

energia radiante como calor, enquanto a conversão fotovoltaica transforma a energia radiante em energia elétrica.

A conversão solar fotovoltaica é um importante meio de substituição aos métodos convencionais de geração de eletricidade numa época em que problemas ambientais se agravam e matérias primas se esgotam, tornando-se cada vez mais insustentável a exploração continuada dos combustíveis fósseis.

2.4.4 Tintas naturais

Foi realizada uma análise sobre opções de tintas ecológicas disponíveis no mercado para auxiliar a escolha sobre estes materiais no projeto final. Diante dos problemas relacionados às tintas convencionais, foram encontradas opções com baixos índices de VOC (*volatile organic compounds*), identificadas no mercado como “tintas de baixo VOC”. Na maioria dos casos, utilizam água como solvente em substituição às substâncias nocivas, além de optarem por pigmentos à base de óxido de ferro ou terra.

2.5 Aplicação dos conceitos: O Projeto

A atividade desenvolvida teve como objetivo a aplicação das técnicas e conceitos abordados durante toda a disciplina com o objetivo de materializar as pesquisas, transformando-as em um projeto mais sustentável.

A proposta definida pelo grupo foi elaborado projeto arquitetônico de um laboratório para o PPGECC - Programa de Pós Graduação em Engenharia da Construção Civil, atendendo assim a necessidade de docentes e discentes de um espaço de apoio ao ensino e pesquisa da linha de ambiente construído.

As diretrizes de projeto visam atender as áreas de aprendizagem, pesquisa e convivência dos alunos.

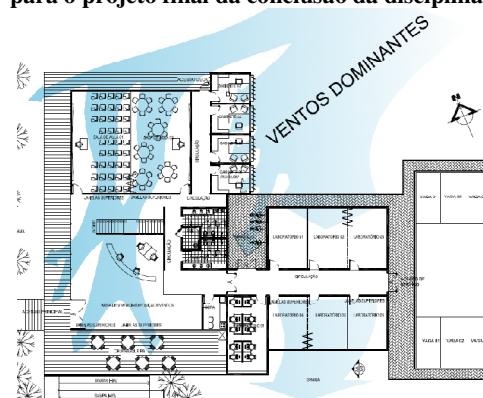
A proposta foi elaborada embasando-se na sustentabilidade e arquitetura bioclimática. Enquanto os conceitos plásticos e características desejadas para o empreendimento eram apontados, o microclima e as estratégias bioclimáticas eram estudados e caracterizaram a formatação da planta levando em consideração a acessibilidade ao terreno e topografia do local em um projeto com área de 797,20m², contemplando os usos conforme figura 2. Em paralelo foi realizada a análise do ciclo de vida dos materiais em questão. O projeto contemplou aplicação de diferentes materiais com baixo impacto ambiental.

Figura 1 - Fachada noroeste do projeto arquitetônico de conclusão da disciplina.



Fonte; Os autores

Figura 2 - Planta de ventos predominantes criada para o projeto final da conclusão da disciplina.



Fonte; Os autores

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação desempenha um papel fundamental na consciência dos profissionais para a construção de um futuro mais sustentável e oportuniza a discussão de propostas teóricas e práticas relacionadas à temática. As instituições de ensino, básico e superior, representam um importante fator na disseminação do conhecimento e transmissão de ideias relacionadas ao tema da sustentabilidade. Segundo Cortese (2003) o campus de uma universidade comprometida com a sustentabilidade praticaria o que é pregado e colocaria a sustentabilidade como centro de suas ações, embasando as estratégias para operações, planejamento, projeto das instalações, compras e investimentos e vincularia esses esforços para o currículo formal.

Como resultados alcançados, a disciplina apresentou aos mestrando novas possibilidades na aplicação de tecnologias através da análise de exemplos concretos e técnicas para quantificar o impacto ambiental de edificações. A elaboração do projeto arquitetônico materializou os conhecimentos adquiridos principalmente na análise do impacto ambiental relacionando os materiais especificados e ao índice de emissão de CO₂.

O desenvolvimento sustentável está diretamente ligado à compreensão coletiva do quanto nossas atividades influenciam diretamente o meio ambiente. Dessa forma, a disseminação da pesquisa na temática da disciplina através das instituições de ensino superior é fundamental a formação dos profissionais de arquitetura e engenharia.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.** Rio de Janeiro, 2009.
- BAIRD, G., ALCORN, A., HASLAM, P. (1997), **The Energy Embodied in Building Materials – Updated New Zealand Coefficients and Their Significance**, IPENZ Transactions: Civil Engineering Section, 24 (1/CE), 46–54.
- BALDESSAR, Silvia M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- CASTLETON, H F; STOVIN,V; BECK, S.B.M.; DAVISON J.B. **Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit.** Energy and building 42(2010) Elsevier
- CEF Caixa Econômica Federal. **Boas práticas para habitação mais sustentável.** São Paulo: ed. Páginas e Letras, 2010.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental.** Rio de Janeiro: ed: Revan, 2003.
- CORTESE, A. D. **The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. Planning for Higher Education.** v.31, n.3, p.15-22, March 2003. Disponível em: <http://www.scup.org/asset/48483/cortese.pdf>. Acesso em: 10/05/2014.
- EDWARDS, Brain. **Guia básico para a sustentabilidade.** São Paulo: ed: GG, 2013.
- GRUNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de e TAVARES, Sergio Fernando. **Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul.** Ambient. soc. [online]. 2014, vol.17, n.2, pp. 195-214. ISSN 1809-4422. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200013>.
- HARRIS, D. J. **A quantitative approach to the assessment of the environmental impact of building materials.** Building and Environment 34 (1999).

HILGENBERG, F. B. **Sistemas de certificação ambiental para edifícios estudo de caso : aqua.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em Engenharia de Construção Civil. Curitiba. 2010.

KAMKE, K.J. **Lead-User Research in the Wood Window Value Chain.** Tese apresentada pela Universidade do Estado do Oregon - EUA, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor 2009.

KEOLEIAN, G. A.; REPPE, P.; SCHEUER, C. **Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications.**(2003).

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre: ed. Bookman, 2010.

KOSAREO, L; RIES, R. **Comparative environmental life cycle assessment of green roofs.** Building and Environment 42 (2007). Elsevier

LEE, J.Y; MOON, H.J; KIM, T.I; KIM, H.W; HAN M.Y. **Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the extensive green roof system.** Environmental Pollution 181 (2013). Elsevier.

MENDONÇA, V.B. **Estudo da problemática da aplicação de coletores solares para aquecimento de água, no segmento residencial de alto padrão, com base em escalas de projeto arquitetônico e dimensões de Planejamento.** Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

MITHRARATNE, N. VALE, B. **Life cycle analysis for New Zealand houses.** Building and Environment 39 (2004) Elsevier.

MORAIS, Caroline S. de, RORIZ, Maurício. **Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas.** ENCAC -COTEDI. Curitiba. Nov , 2004

PAULSEN, Jacob Silva; SPOSTO, Rosa Maria. **A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”.** Energy and buildings 57(2013) 95-102. 2013.

RINCÓN, L.; CASTELL, A.; PÉREZ, G.; SOLÉ, C.; BOER, D.; CABEZA, L. **Evaluation of the environmental impact of experimental buildings with different constructive systems using Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment.** Applied Energy 109 (2013) ROAF, Sue. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável.** Porto Alegre: ed. Bookman, 2006.

ROAF, Sue.; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável.** São Paulo: 2^a edição, 2007.

TAVARES, Sergio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pósgraduação em Engenharia Civil. Florianópolis. 2006.

THORMARK, C. **A low energy building in a life cycle - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential.**(2001).

XAVIER, S.P. **A temática da sustentabilidade no ensino de graduação em arquitetura e urbanismo: estudo de caso das experiências de três instituições públicas.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de pós graduação em Engenharia de Construção Civil. Curitiba. 2011.

YUNG, P. LAM, K. C. YU, C. **An audit of life cycle energy analysis of buildings.** Habitat International (2013) Elsevier.