



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA**

**Joyce Correna Carlo (1); André Luís de Araújo (2); Carolina de Paula Telles (3)**

(1) D.S., Professora Adjunta do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, joycecarlo@ufv.br  
Universidade Federal de Viçosa. DAU/UFV, Av. P.H. Rolfs, s/n. Campus Universitário. Viçosa-MG,  
36.570-000, Tel.: (31) 3899 1982

(2) M.Sc., Professor Substituto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andrearaujo@vicosa.ufv.br  
Universidade Federal de Viçosa. DAU/UFV, Av. P.H. Rolfs, s/n. Campus Universitário. Viçosa-MG,  
36.570-000, Tel.: (31) 3899 1967

(3) Arquiteta e Urbanista, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa,  
carolina.telles@ufv.br

### **RESUMO**

Uma proposta didática para ensino de projeto bioclimático foi desenvolvida, a fim de aprimorar a capacidade dos estudantes em elaborar projetos de arquitetura bioclimáticos em sinergia a áreas afins, como tecnologia e sustentabilidade. Este artigo visa apresentar a proposta metodológica adotada em uma disciplina experimental do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa para projetos multifamiliares bioclimáticos. Uma avaliação quantitativa, via questionários, sobre eficiência energética e conforto ambiental foi realizada no início e no final da disciplina, para verificar os resultados da proposta. Esta consistiu na simulação da interação multidisciplinar entre os diversos colaboradores de projeto, com a criação de gestores do processo projetual e consultores nas dez especialidades propostas, tais como acessibilidade, estruturas, energias renováveis e materiais sustentáveis. As atividades de consultoria ocorreram em paralelo às atividades tradicionais de orientação que foram realizadas pelos professores. Os resultados foram avaliados pelo retorno dado pelos estudantes ao longo da disciplina, das notas e conceitos obtidos nos questionários e pelos produtos desenvolvidos: anteprojetos, relatórios de consultores e Sistema de Documentação do Projeto desenvolvido pelos gestores. Foram identificadas relações positivas entre projetistas e consultores no desenvolvimento de oito projetos arquitetônicos bioclimáticos, por exemplo, a participação intensa dos especialistas em estruturas e a integração entre os consultores das certificações com os consultores dos sistemas prediais.

Palavras-chave: arquitetura bioclimática, sustentabilidade, projeto arquitetônico.

### **ABSTRACT**

An educational proposal for the learning of bioclimatic design was developed in order to improve the students capabilities on creating bioclimatic building design interrelated to similar areas, as technology and sustainability. This paper aims to present a methodological proposal adopted in an experimental subject of the Architecture and Urbanism Course of Federal University of Viçosa for the design of bioclimatic high rise residential buildings. It consisted on the simulation of a multidisciplinary interaction among design partners with the implementation of project managers and consultants of ten suggested specialities, such as accessibility, structure, renewable energy and sustainable materials. The consulting activities were held concomitant to the traditional advising activities performed by the teachers. The results were evaluated through the students feedback obtained along the experimental subject, the scores and labels obtained in the questionnaires and the developed products: the project design, the consultant's technical reports and the managers Design Documentation System. Positive relations between designers and consultants were identified during the development of eight bioclimatic architectural projects, such as the strong contribution

of the consultant on building structure and the integration among the consultants on certifications and the consultants on building systems.

Keywords: bioclimatic architecture, sustainability, architectural design.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de projeto bioclimático diferencia-se do processo de projeto tradicional, por incluir conceitos "extras" (DUTRA; YANNAS, 2006). A relação entre bioclimatologia e sustentabilidade ambiental é estreita, sendo impossível pensar na primeira e esquecer a segunda. Envolver a diversidade de conhecimentos relacionados à sustentabilidade em uma disciplina de projeto de duração de quatro meses é um trabalho extenso para o professor e para o estudante, no qual ambos devem recordar ou pesquisar conteúdos adquiridos em diversas disciplinas de base. Embora seja atribuição do arquiteto organizar tais conhecimentos na representação de uma idéia síntese, atualmente, pode-se dizer que o projeto é pouco viável de ser desenvolvido isoladamente.

Desta forma, a equipe de projeto é composta por profissionais que atuam em projetos complementares, como projeto estrutural ou projeto elétrico, e também no próprio projeto de arquitetura, como especialistas em conteúdos específicos a serem incorporados no processo que, em geral, utilizam seus conhecimentos para promover a eficiência do ambiente construído. Sendo assim, definições sobre geração local de energia, certificações ambientais e uso racional da energia ou água, podem ser encarados como disciplinas do projeto arquitetônico intimamente ligadas aos conceitos utilizados nos projetos complementares.

Os exercícios de projeto utilizados como ferramentas de aprendizagem aos estudantes de arquitetura normalmente simulam uma condição irreal, ou seja, quando a proposta de exercício aborda projeto bioclimático, o estudante ou sua restrita equipe de trabalho, em parceria com o professor orientador, devem dispor de todos os conhecimentos relacionados à bioclimatologia e à sustentabilidade.

Embora Malard (2005) alerte para os prejuízos à criatividade ao trazer o exercício profissional para dentro da academia – esta autora afirma ser o momento de exploração da criatividade do estudante – não se pode ignorar a diversidade de informações atualmente necessárias ao projeto arquitetônico.

Se anteriormente o ensino de arquitetura procurava integrar os conteúdos tradicionais, como estruturas, instalações prediais ou paisagismo, hoje já não é possível criar disciplinas envolvendo todos os conhecimentos possíveis de se aplicar no edifício (VIANNA, 2001).

Duarte e Gonçalves (2001) ministraram uma disciplina de projeto bioclimático que envolveu conteúdos do conformo térmico, luminoso e acústico aliados aos conceitos de sustentabilidade ambiental. Neste trabalho, foram indicadas as áreas de conhecimento complementares ao projeto de arquitetura ligadas à sustentabilidade. Alguns dos temas explorados pelos estudantes foram os materiais reciclados, o aproveitamento de água pluvial e o uso de coberturas verdes. Por outro lado, Kowaltowski et al. (2007), identificaram uma diversidade de propostas de projetos bioclimáticos com o mesmo viés. A partir da observação da atividade projetual dos estudantes, notaram-se certas dificuldades de obtenção de soluções ao optarem por uma arquitetura orgânica. Como consequência, percebeu-se que os estudantes relutavam em abandonar a idéia inicial considerada "esteticamente agradável", mesmo quando problemas de conforto ambiental eram claramente apontados.

Cartana e Pereira (2007) identificaram o nível de importância dado aos conteúdos das disciplinas de conforto ambiental nas disciplinas de atelier do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina. Neste trabalho foram identificadas as etapas de projeto nas quais a integração das disciplinas de base ocorrem. Os conteúdos das disciplinas ligadas ao conforto ambiental são verificados com maior frequência nas fases de detalhamento (71%), em detrimento das fases conceitual (43%), esquemática (57%) e de desenvolvimento de projeto (57%).

De acordo com Dutra e Yannas (2006) as ferramentas comumente utilizadas nas áreas de conforto e, portanto, de arquitetura bioclimática, são pouco valorizadas entre os projetistas. Quando utilizados, as ferramentas mais comuns são os gráficos, os modelos matemáticos, os guias e os manuais. Entretanto, identificaram que a interação com outros profissionais é bastante valorizada. Mesmo não sendo praticada em uma condição ideal, a interação profissional pode fornecer ao projetista as informações necessárias em seu processo de projeto.

Krygiel e Nies (2008) descrevem a necessidade de interação dentre os profissionais que detêm conhecimentos diversos. Quando se refuta o exercício de interação entre os aprendizes, a fim de se evitar a aproximação entre a prática profissional e a academia, negligencia-se a experimentação e a troca de

domínios. Acredita-se que é possível demonstrar que tal prática pode vir a ser um suporte à criatividade para a concepção e desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Este artigo é resultado de uma proposta de disciplina cujo tema é o projeto bioclimático que visa superar as limitações relacionadas à especialização dos profissionais de projeto, a partir de um sistema de consultoria entre os próprios estudantes. Cada estudante foi responsável pelos conhecimentos em uma determinada especialidade de projeto, ou seja, estudou mais a fundo algum tema além dos conteúdos diretamente ligados à bioclimatologia, com o intuito de prestar suporte técnico aos demais estudantes.

A escolha das especialidades de projeto se deu de maneira interligada. Assim, a proposta de materiais com as propriedades térmicas desejáveis, por exemplo, acabou sendo influenciada por conceitos adjacentes, como sustentabilidade ou tecnologia da produção. Da mesma forma, a proposta de um sistema de aquecimento solar de água eficiente teve de considerar as formas de uso racional de água no seu dimensionamento, devido à sinergia estabelecida entre as especialidades de projeto.

O resultado foi um processo dinâmico dentro da sala de aula, no qual os professores prestaram assistência aos estudantes consultores e estes, aos estudantes das demais equipes. Para a disciplina experimental, foram selecionados estudantes do quarto ano do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta didática para o ensino de projeto de arquitetura bioclimática. A partir da implementação dessa proposta em uma disciplina experimental de projeto em um curso de Arquitetura e Urbanismo, avaliou-se o desempenho dos estudantes nesta disciplina e a sua evolução ao longo de duas etapas do processo ensino-aprendizagem.

## 3. METODO

O método adotado compreende duas etapas as quais são descritas nos itens 3.1 e 3.2.

### 3.1. Percepção do estudante

Para avaliar a proposta didática de uma disciplina experimental, foi realizado um levantamento de campo. Aplicou-se um questionário aos estudantes envolvidos nessa disciplina, como modo de avaliação da integração dos conceitos específicos de eficiência energética e arquitetura bioclimática no processo de projeto, a fim de identificar características dos processos de ensino-aprendizagem desses conteúdos. O questionário foi dividido por área temática. Na Tabela 1 apresenta-se o modelo de questionário utilizado com os respectivos conceitos e pontuação equivalente de cada tema. O questionário aplicado indicou o conceito e a pontuação total, calculados do seguinte modo:

- Conceito:

1) Para cada item avaliado, foi computada a frequência de ocorrência de cada conceito; a maior frequência originou o Conceito apresentado nas tabelas.

- Pontuação:

1) Para cada item avaliado, foi realizado o somatório dos pontos Tabela 1;

2) Em seguida, foi multiplicado a pontuação máxima de cada item pelo número de entrevistados, a fim de obter a pontuação máxima possível para aquele item;

3) O resultado foi dado pelo percentual do item, por meio da razão de (1) por (2).

Tabela 1 – Estrutura do questionário aplicado aos alunos

Parte	Tema	Conceito e Pontuação equivalente
1	Nível de conhecimento, aplicação e abordagem da Eficiência Energética em Edificações	O-Ótimo (5), B-bom (4), R-regular (3), PR-precário (2), IN-inexistente (1)
2	Possibilidade de cursar disciplina experimental sobre Eficiência Energética em Edificações e defasagem na integração entre o ensino de eficiência energética e projeto arquitetônico	S-Sim (2) ou N-não (1)
3	Aplicação de conceitos de eficiência energética nas disciplinas de projetos arquitetônicos	S-Sempre (4), F-frequentemente (3), R-raramente (2) ou N-nunca (1)

Com o intuito de avaliar a contribuição da proposta didática no desempenho dos estudantes, o questionário foi aplicado no início do período letivo, com enfoque geral no curso, e no final do período letivo com enfoque específico na disciplina.

### 3.2. Disciplina experimental – organização e ministração

A partir da análise dos questionários e da observação de uma defasagem no nível de conhecimento dos estudantes sobre a idéia de interação no processo de projeto, elaborou-se o planejamento para uma disciplina experimental, com base em princípios de uma proposta didática sinérgica. Foram definidos alguns critérios de organização disciplinar para o enquadramento ao regime didático institucional, a partir das possibilidades de seleção do perfil de estudantes, carga horária disponível e as formas de avaliação do material produzido. A seguir, descrevem-se cada um dos critérios definidos.

A disciplina experimental foi ministrada para vinte e dois estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa.

#### 3.2.1 Objetivo disciplinar

O objetivo da disciplina foi aprimorar a capacidade dos estudantes em elaborar projetos de arquitetura com a temática bioclimatologia, tendo como princípio a simulação da interação multidisciplinar entre os diversos colaboradores de projeto.

#### 3.2.2 Material produzido

Aos estudantes foi solicitado como produto da disciplina experimental o desenvolvimento de um anteprojeto de arquitetura utilizando estratégias bioclimáticas e conceitos de sustentabilidade. O tema do projeto foi um edifício residencial multifamiliar localizado em um terreno previamente selecionado, no qual seriam feitas análises climáticas, topográficas, dentre outras, a serem utilizadas para os posteriores estudos de implantação do edifício.

#### 3.2.3 Carga horária

A carga horária total adotada para a disciplina experimental foi de sessenta horas, distribuídas durante quinze semanas, ou seja, quatro horas semanais. Na semana letiva, essas quatro horas foram divididas em dois períodos distintos com duas horas de duração. O total de sessenta horas foi repartido em três períodos de vinte horas em que ocorreram atividades distintas e simultâneas. O primeiro período de vinte horas foi utilizado para aulas expositivas nas quais os professores apresentaram assuntos a serem abordados no projeto bioclimático. Encerrada essa etapa, outros dois períodos de vinte horas ocorriam simultaneamente (duas horas de cada na semana) sendo que um era utilizado para orientação dos estudantes junto aos professores e outro era utilizado para orientação dos estudantes pelos próprios estudantes. Na Tabela 2 apresenta-se a distribuição das atividades disciplinares no período de sessenta horas.

Tabela 2 – Distribuição das atividades disciplinares por horas aula na disciplina experimental.

Atividade disciplinar	Horas-Aula														
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
Aula expositiva															
Orientações com os professores															
Consultorias entre os estudantes															

#### 3.2.4 Perfil do estudante

Com o intuito de selecionar um perfil específico de estudante capaz de assimilar os conceitos abordados, definiu-se dois pré-requisitos básicos para se cursar a disciplina experimental: 1) ter cursado todas as disciplinas obrigatórias da área de comportamento ambiental dispostas na grade institucional – já que estes são considerados conteúdos básicos do projeto bioclimático; 2) ter conhecimentos das ferramentas computacionais frequentemente utilizadas nos projetos de arquitetura – a fim de promover o dinamismo necessário às equipes de projeto.

#### 3.2.5 Organização disciplinar

A organização dos estudantes para a elaboração dos projetos se deu a partir da divisão dos mesmos em equipes. Cada uma das equipes foi composta por três estudantes com funções distintas. Todos tinham a responsabilidade de execução do projeto arquitetônico bioclimático da equipe, porém um deles tinha como responsabilidade a gestão do projeto, sendo denominado “gestor”. As funções sugeridas para o gestor foram:

1) gestão da informação produzida por meio das planilhas de gestão; 2) gestão de pessoal e compromissos da equipe de projeto e consultores; 3) compatibilização do conteúdo produzido, como por exemplo, a interação entre especialidades. Os outros dois membros tinham a função de suprir a demanda das demais equipes por conteúdos complementares ao projeto bioclimático. Esses conteúdos foram denominados “especialidades dos consultores”. Definiram-se dez áreas de atuação em que cada estudante consultor teve de se especializar a fim de promover consultas sobre determinado assunto às equipes de projeto. Na Tabela 3 são apresentadas as especialidades dos consultores e a quantidade de estudantes envolvidos em cada uma delas.

Tabela 3 – Quantidade de estudantes envolvidos em cada especialidade

Especialidade dos Consultores	Quantidade de Estudantes
Estruturas de aço	1
Estruturas de concreto armado	1
Energias renováveis	1
RTQ-R*	2
Uso racional de água	2
Aquecimento solar	2
Materiais sustentáveis	2
Paisagismo	1
Acessibilidade	1
Selo Casa Azul**	1

\*RTQ-R: Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais, certificação energética do Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro.

\*\* Certificação de sustentabilidade para habitações da Caixa Econômica Federal.

### 3.2.6 Atividades propostas

Conforme mencionado anteriormente, o primeiro período de vinte horas da disciplina experimental foi utilizado em aulas expositivas. Na primeira aula, foram definidas as equipes de projeto e as funções de cada estudante dentro de sua equipe. Nas aulas expositivas subsequentes foram apresentadas, de forma sumária, as especialidades dos consultores contendo suas bibliografias básicas, conteúdo este a ser utilizado pelos estudantes consultores. Além disso, foram apresentados modelos de planilhas de gestão e parâmetros de compatibilização de projetos, conteúdo a ser utilizado pelos gestores das equipes. Na Figura 1 mostra-se um esquema da relação entre os estudantes tendo uma equipe como exemplo.

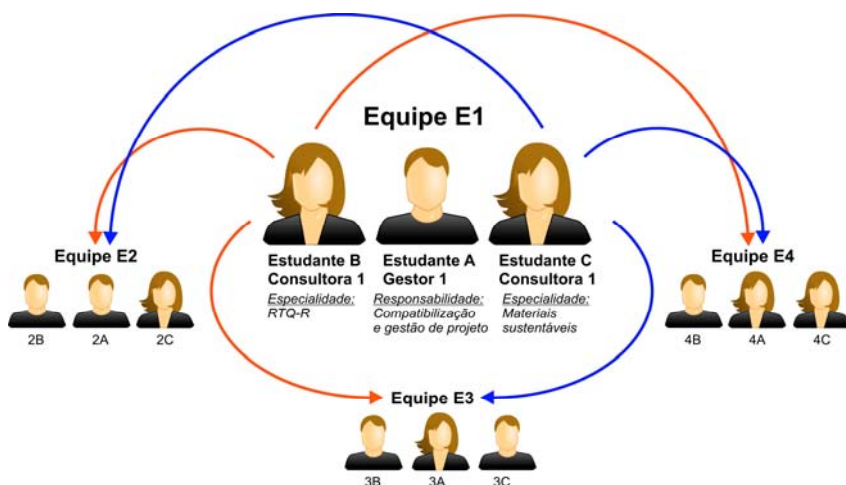


Figura 1 – Esquema da interação entre os estudantes.

As consultorias foram previamente agendadas pelas equipes junto aos estudantes consultores, por meio do fórum da plataforma de apoio ao ensino da UFV, acessível via internet, no qual cada estudante consultor utilizou uma pasta virtual com as informações sobre as próximas consultas. Cada consulta ocorreu em sala de aula, por um período de cerca de trinta minutos.

Na Figura 2 é apresentado um organograma que sintetiza a relação sinérgica pretendida por esta metodologia.

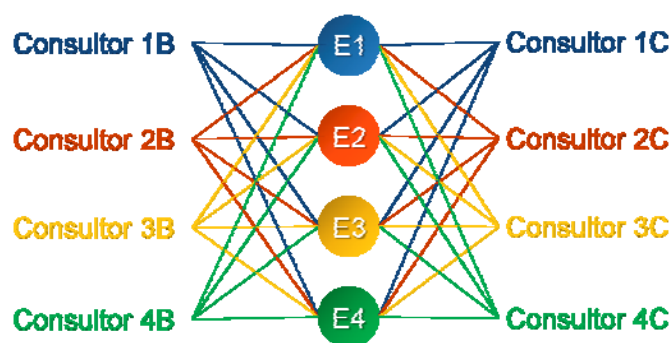


Figura 2 – Organograma que representa a relação sinérgica proposta.

Ao final da disciplina experimental fez-se um evento denominado *Mostra de Arquitetura Bioclimática*, no qual um participante da equipe apresentou sua proposta de projeto para os demais estudantes do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Percepção do estudante

Os resultados tiveram como referência as porcentagens totais relativas dos conceitos a cada temática abordada. Destes dados resultou-se o conceito e a pontuação parcial, dispostas nas Tabelas 4 e 5 junto às suas respectivas perguntas. O conceito apresenta-se ajustado em uma escala em que a pontuação máxima possível seria 100, e a mínima, 0.

Tabela 4 – Resultado dos questionários aplicados aos alunos.

	INÍCIO		FINAL	
<b>PARTE 1</b>				
O-Ótimo (5), B-bom (4), R-regular (3), PR-precário (2), IN-inexistente (1)				
<b>Sobre o conhecimento do aluno</b>	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
1- Etiquetagem de edifícios - Programa do Inmetro	R	53	B	61
2- RTQ-C e RAC-C	R	43	R	56
3- Conceitos de Eficiência Energética	B	67	B	66
4- Conceitos de desempenhos térmico e iluminação natural	B	69	B	72
5- Conceitos de Iluminação artificial	B	61	R	52
6- Conceitos de sistemas de ar condicionado para arquitetura	R	50	R	52
<b>Sobre a aplicação da EE no projeto arquitetônico</b>	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
7- Por iniciativa própria	B-R	67	B	80
8- Por iniciativa do professor	R	56	B	66
<b>Qualificação da abordagem da eficiência energética</b>	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
9- No seu curso de Arquitetura e Urbanismo	B	61	B	59
10- Nas disciplinas de Projeto/ARQ442*	R	44	R	60
11- Nas disciplinas de Comportamento Ambiental e Instalação Predial	B	69	B	68
<b>PARTE 2</b>				
S-Sim (2) ou N-não (1)				
<b>Sobre disciplina optativa de Eficiência Energética</b>	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
15- Cursaria a disciplina	S	100	S	100
<b>Acredito que há defasagem:</b>	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
16- entre o ensino da EE e as disciplinas de projeto	S	83	S	88

Tabela 5 – Resultado dos questionários aplicados aos alunos (continuação).

PARTE 3				
S-Sempre (4), F-frequentemente (3), R-raramente (2) ou N-nunca (1)				
Sobre a aplicação da EE em projetos arquitetônicos	CONCEITO	PONTOS	CONCEITO	PONTOS
17- Por iniciativa própria	N	34	F	79
18- Por iniciativa do professor	N	27	F	50
19- Por iniciativa de colegas	N	24	R	46
20- Em estágios	N	19	N	36

*\*As respostas obtidas desta questão no início da disciplina se refere as demais disciplinas de projeto, já aquelas alcançadas ao fim da disciplina se referem a disciplina ARQ 442.*

Por meio de uma simples análise, pode-se classificar o desempenho da disciplina como satisfatório, visto que os níveis de conhecimento e aplicação dos alunos aos conceitos que englobam a eficiência energética em edificações e bioclimatologia melhoraram do início ao final da disciplina. É importante ressaltar que a matrícula na disciplina experimental exigia como pré-requisito as disciplinas de conforto ambiental do curso. No início da disciplina, os melhores resultados referentes ao nível de conhecimento do aluno foram obtidos nas temáticas já estudadas em matérias pertencentes à grade curricular. Este fato pôde ser comprovado ao se comparar as notas de conceitos como eficiência energética (item 3) e desempenho térmico (item 4) abordados na disciplina de conforto ambiental I e conceitos como RTQ-C/RAC-C (item 2) não abordados em nenhuma área do curso, que alcançaram respectivamente 67, 69 e 43 pontos.

O nível de conhecimento em eficiência energética e em iluminação artificial decresceu no final do período letivo: em eficiência energética (item 3) a pontuação passou de 67 para 66 pontos e, em iluminação artificial (item 5), de 61 para 52 pontos, este último um decréscimo significativo.

Ao serem questionados sobre o resultado, os estudantes afirmaram que, ao cursar a disciplina experimental, descobriram novos conceitos e aspectos didáticos antes desconhecidos e julgaram que a amplitude dos conceitos e as formas de trabalhá-los em sala de aula eram maiores do que imaginavam, reduzindo assim, o nível de conhecimento que acreditavam possuir.

Quanto à abordagem do ensino da eficiência energética no curso (item 10), observa-se que na pontuação as disciplinas de projeto não alcançaram 44 pontos. Após a disciplina experimental, obteve-se neste quesito 16 pontos a mais. Entretanto, ainda foi classificada com regular.

Nessa mesma linha de análise, verifica-se que os estudantes consideram que a aplicação dos conceitos de eficiência energética em projetos arquitetônicos – em especial no projeto bioclimático desenvolvido na disciplina experimental – partiu na maioria das vezes por iniciativa própria (item 17), em que o conceito passou de “nunca” para “frequentemente” (79 pontos). O mesmo conceito, de “nunca” para “frequentemente”, foi verificado no item iniciativa do professor (item 18), porém com apenas 50 pontos. A participação dos estudantes consultores (item 19) também foi valorizada, passando de “nunca” para “raramente”, e de 24 para 46 pontos. Portanto, os estudantes consideram que o seu próprio nível de participação nas decisões de projeto é mais impactante no resultado final, dada a diferença na pontuação mencionada acima.

Outro aspecto significativo surge da análise da evolução da aplicação dos conceitos de eficiência energética em projetos arquitetônicos quando esta prática é promovida em disciplinas da grade curricular. Tal fato pode ser comprovado quando se compara os resultados da aplicação dos conceitos no início e no final da disciplina. As notas aumentaram em média cerca de 50%.

Por fim, constatou-se que a porcentagem de estudantes que acreditam que existe defasagem entre o ensino da eficiência energética e as disciplinas de projeto aumentou de 83% para 88%.

A metodologia adotada na disciplina experimental se mostrou como uma alternativa didática para a integração entre os conceitos de eficiência energética e o desenvolvimento do projeto arquitetônico sustentável. Entretanto, pode-se dizer que existem deficiências, tanto nas disciplinas de projeto, como o nível de aplicação dos conteúdos de eficiência energética e bioclimatologia, quanto no método didático usual, como o aumento da participação dos estudantes como consultores nos projetos.

## 4.2. Desempenho qualitativo da proposta didática

O principal resultado da disciplina foi a criação de oito projetos bioclimáticos de edificações multifamiliares. Os projetos continham os requisitos bioclimáticos mais os requisitos complementares, cujas tecnologias foram avaliadas por 6 professores das áreas de tecnologia de edificações, estruturas, habitação,

conforto ambiental e eficiência energética. Os desempenhos para estes requisitos são mostrados na Tabela 6. Vale ressaltar que estes desempenhos não se equivalem às notas recebidas na disciplina, mas ao desenvolvimento e aplicação das citadas tecnologias. As consultas aos especialistas estão discriminadas ao lado do desempenho, classificadas como consulta existente (sim), inexistente (não) ou da própria equipe (Eq), esta última considerada desnecessária de ser avaliada na análise do papel dos consultores. Considerou-se que todos tinham domínio das estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto. Em geral, a consulta aos especialistas colaborou no desempenho da equipe, o que se percebe quando a ausência de especialista gerou um baixo desempenho da equipe, exceto para acessibilidade. Já a coincidência do especialista ser o arquiteto projetista da equipe não apresentou impactos relevantes. As equipes 1 a 3 apresentaram ótimos desempenhos (80 a 100) neste caso, mas elas também apresentaram bons desempenhos nas demais especialidades. As demais apresentaram desempenhos médios (75 a 80) e mínimos (50 a 75) nestas situações.

Tabela 6 – Desempenhos da aplicação das estratégias bioclimáticas para Viçosa e das demais especialidades por equipe e consultas aos especialistas (sim, não, da própria equipe).

Equipe	1		2		3		4		5		6		7		8	
Ventilação natural	77	Eq	70	Eq	87	Eq	83	Eq	63	Eq	67	Eq	73	Eq	67	Eq
Inércia interna com aquecimento solar	70	Eq	80	Eq	80	Eq	77	Eq	57	Eq	53	Eq	53	Eq	50	Eq
Aquecimento solar de ambientes	83	Eq	73	Eq	63	Eq	70	Eq	57	Eq	60	Eq	70	Eq	53	Eq
Estruturas de aço	93	Sim	80	Sim	60	Sim	73	Eq	-	Sim	50	Eq	-	-	67	Sim
Estruturas de concreto armado	-	-	-	-		Sim	-	Sim	67	Eq	-	-	40	Sim	-	-
Acessibilidade dos ambientes internos	87	Não	80	Não	90	Eq	57	Não	70	Sim	57	Sim	60	Não	60	Eq
Uso racional de água	90	Sim	87	Sim	97	Sim	60	Eq	63	Sim	60	Sim	87	Sim	70	Eq
Energias renováveis e aq. solar de água	85	Eq	93	Eq	90	Eq	70	Sim	77	Sim	62	Sim	50	Sim	32	Sim
Materiais Sustentáveis	80	Sim	60	Sim	73	Sim	50	Não	63	Sim	77	Eq	43	Sim	57	Sim
Selo Casa Azul	90	Sim	90	Eq	50	Sim	87	Sim	90	Sim	53	Sim	37	Não	43	Não
Etiquetagem residencial	90	Eq	90	Sim	80	Sim	77	Sim	77	Sim	57	Sim	37	Não	40	Sim
Paisagismo	80	Sim	67	Não	90	Sim	50	Não	53	Não	57	Não	73	Eq	73	Não

As principais considerações acerca dos estudantes consultores no desenvolvimento da disciplina experimental são descritas a seguir, organizadas por disciplina de consulta:

– *Energias renováveis e aquecimento solar de água.* Embora os consultores desconhecêssem as tecnologias, capacitaram-se a contento para atender às principais demandas das equipes acerca da instalação e pré-dimensionamento dos sistemas.

– *RTQ-R.* Tendo em vista que esta é uma área de conhecimento recente, os estudantes não tiveram nenhuma disciplina específica deste tema. Houve dependência da orientação do professor e do esforço próprio para o aprendizado da versão de setembro de 2010 da proposta do RTQ-R. Não houve tempo hábil para os dois consultores realizarem cálculos detalhados para aplicação completa dos requisitos técnicos em todos os projetos. Os consultores focaram as recomendações gerais para ventilação, cores e materiais para a envoltória, este último em sinergia com o consultor de materiais sustentáveis. Também observaram os requisitos para iluminação natural. As informações gerais do sistema de aquecimento solar de água foram transferidas para o consultor desta especialidade.

– *Selo Casa Azul.* Os itens de eficiência energética foram descartados em prol do RTQ-R. Foram selecionados os itens possíveis de serem aplicados nas fases de estudo preliminar e anteprojeto a fim de obter o Selo Ouro. O consultor não apresentou dificuldades em dominar os conceitos discriminados no Guia CAIXA do Selo Casa Azul (JOHN; PRADO, 2010). A atividade de destaque foi a sinergia com as demais especialidades.

– *Acessibilidade.* Somente uma consultora de acessibilidade participou dos projetos, enquanto a outra não teve solicitação de trabalhos. Em geral, os estudantes dominam esta especialidade suficientemente bem e dispensaram o uso dos especialistas.



– Paisagismo. Da mesmo modo que a disciplina de acessibilidade, há domínio desta especialidade. Houve destaque no início do estudo preliminar, no qual o consultor foi solicitado por algumas equipes a realizar um levantamento da vegetação existente no terreno.

– *Estruturas*. Todas as equipes procuraram os dois consultores na fase de estudo preliminar, para definição dos partidos. Na fase de anteprojeto, o consultor de estruturas metálicas foi solicitado com frequência, ao contrário do consultor de estruturas de concreto, que não foi procurado.

– *Uso racional de água*. Houve solicitações das equipes para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Algumas poucas equipes fizeram tratamento de efluentes para redução do impacto na rede de esgotamento sanitário, porém sem adoção do reuso. Trabalhou em sinergia com os consultores do RTQ-R e do Selo Casa Azul.

– *Materiais sustentáveis*. Houve grande procura na etapa de anteprojeto, não teve dificuldades adicionais. Trabalhou em sinergia com os consultores do RTQ-R e do Selo Casa Azul.

Além dos projetos, foram entregues relatórios de gestão de projetos e das atividades dos consultores. Os consultores explanaram sobre os conteúdos técnicos transferidos às equipes, como solicitações específicas e soluções projetuais apresentadas. Já os gestores entregaram o Sistema de Documentação de Projeto desenvolvido ao longo da disciplina, em que atas de reuniões com os consultores e uma planilha de registro das atividades planejadas eram obrigatórios, enquanto outros documentos foram recomendados, porém com formato livre, como cronogramas, matrizes organizacionais nas duas etapas do projeto e de sinergia entre as especialidades. Percebeu-se dedicação dos gestores à atividade, pois propuseram formatos e métodos de apresentação eficazes. Um orçamento do custo do processo projetual (material de escritório, fotografias, impressão de pranchas) foi sugerido mas não alcançou o interesse de nenhuma equipe.

Outra intenção que não foi executada foi o acompanhamento do contato entre os estudantes via plataforma virtual de apoio ao ensino, dada a necessidade de um mínimo de dois acessos diários pelos professores. Embora relevante, este aspecto foi considerado inviável e o contato virtual entre as equipe foi livre e sem avaliação de desempenho. Sabe-se que, além do ambiente virtual oferecido para a disciplina, houve um contato intenso via e-mails. Percebeu-se também que o fórum subsidiou o agendamento dos compromissos entre as equipes e os especialistas, sob iniciativa dos gestores. Já o uso tradicional da plataforma virtual foi aplicado a contento: cada especialidade teve artigos científicos e manuais disponíveis para download em sua própria pasta, o que foi intensamente utilizado tanto por cada especialista ou gestor quanto pelos demais estudantes.

## 5. CONCLUSÕES

A disciplina experimental incentivou a cooperação entre as equipes de projetos a fim de abranger um maior número de domínios de conhecimento. Ela foi concebida em três partes: uma teórica, uma de orientação prática dos professores e a última de consultas entre os estudantes que focaram o domínio uma especialidade, como materiais sustentáveis, uso racional de água, certificações ou estruturas. Além dos especialistas, cada equipe de projeto contava com um gestor de projeto. Todas as especialidades e atividades de gestão foram orientadas pelos professores, com fornecimento de material para estudo ou para aplicação. Foi realizado um levantamento quantitativo antes e após a disciplina que foi respondido pelos estudantes e que indicou evoluções na área de eficiência energética e conforto ambiental.

O principal resultado foi observado nos projetos bioclimáticos com enfoques adicionais em sustentabilidade e tecnologia da edificação. Os desempenhos foram variados, mas foi possível verificar relações positivas entre os consultores e os estudantes. As equipes de projeto pouco trabalharam com os consultores de acessibilidade e paisagismo, enquanto materiais sustentáveis e sistemas fotovoltaicos e aquecimento solar foram bastante exigidos, além de estruturas. As especialidades relacionadas às certificações destacaram-se na sinergia com as demais. Os gestores, em geral, desenvolveram material próprio para gerir o processo projetual de sua equipe.

As principais dificuldades encontradas foram no nível de conhecimento das disciplinas de base que exigiu uma maior dedicação dos alunos para atualizar alguns domínios (RTQ-R, energia fotovoltaica ou gestão de projetos), na integração entre os consultores e equipes que foi variável segundo a especialidade e na indisponibilidade de acompanhamento da evolução dos contatos via ambiente virtual.

As metas para uma segunda edição desta disciplina incluem uma sinergia entre estudantes de outros cursos, tais como marketing, para lançamentos de empreendimentos imobiliários, ou engenharias civil ou

mecânica, para planejamento de obras ou etiquetagem de edifícios, respectivamente. No entanto, estas iniciativas dependem de uma sinergia inicial entre professores de cursos distintos, o que exige maior tempo para o contato e planejamento de atividades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARTANA, R., PEREIRA, F. O. R. **Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada aos projetos arquitetônicos desenvolvidos no meio acadêmico.** IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-america sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Anais.... Campo Grande: 2007. pp. 277-285
- DUARTE, D., GONÇALVES, J. C. **Exercício de Projeto Bioclimático no Departamento de Tecnologia - AUT/FauUSP.** VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Anais... São Pedro: ANTAC, 2001.
- DUTRA, L., YANNAS, S. **Análise de processos de projeto bioclimático.** XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2006. pp. 324-333
- JOHN, V. M., PRADO, R. T. A. **Selo Casa Azul, boas práticas para habitação sustentável.** São Paulo: Páginas e Letras, 2010.
- KOWALTOWSKI, D., LABAKI, L., PAIVA, V., BIANCHI, G., MÖSH, M. **Ensino de projeto bioclimático: o papel dos problemas e restrições no processo criativo.** IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais... Ouro Preto: ANTAC, 2007. pp 280-289
- KRYGIEL, E., NIES, B. **Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling.** Indianapolis: Wiley Publishing, 2008. 267 p.
- MALARD, M. L. **Alguns problemas de projeto ou de ensino de arquitetura.** In: Cinco textos sobre arquitetura. Belo Horizonte: UFMG, 2005. pp 79-113
- VIANNA, N. S. **Análise crítica do ensino de conforto ambiental nas escolas de arquitetura.** VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Anais... São Pedro: ANTAC, 2001.