

# A INSERÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO ENSINO DE PROJETO DE ARQUITETURA

**SANTANA, Marcela M. (1); PAIXÃO, Andréa C. C. S. (2); CARLO, Joyce C. (3);  
STEPHAN, Ítalo I. C. (4); CARVALHO, Aline W. B. (5)**

1. UFV. Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 VIÇOSA - MG  
marcelasantana@gmail.com;

2. UFV. Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 VIÇOSA - MG  
momentoarq@yahoo.com;

3. UFV. Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 VIÇOSA - MG  
joycecarlo@ufv.br;

4. UFV. Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 VIÇOSA - MG  
stephan@ufv.br;

5. UFV. Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário 36570-000 VIÇOSA - MG  
abarbosa@ufv.br

**Palavras-chave:** Eficiência energética, ensino, projeto arquitetônico.

## **Resumo**

Com os avanços tecnológicos na construção civil nas últimas décadas, principalmente no campo eficiência energética, o processo de projeto de arquitetura tem aumentado sua complexidade. No entanto, existe uma lacuna entre o conhecimento acadêmico e a prática dos arquitetos, e este problema pode ser solucionado durante a formação dos estudantes na graduação. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva avaliar e propor formas de integração dos conhecimentos de eficiência energética adquiridos nas disciplinas de conforto ambiental, e as disciplinas de projeto dos cursos de graduação em arquitetura. Para isso, foram feitas adaptações em uma ferramenta de gestão de projetos inserindo os requisitos de eficiência energética em cada etapa do processo. Além disso, outros métodos complementares à ferramenta foram identificados e propostos para

promover a integração entre as disciplinas de projeto e conforto ambiental. Ao final, foi proposta uma aplicação prática em disciplina de projeto residencial multifamiliar.

## **Abstract**

The technological advances in construction building in the last decades, especially those related to energy efficiency, brought up an increase on the complexity of the architectural design process. Nevertheless, there is a gap between academic knowledge and architects practicing, a problem that can be solved during undergraduate learning. This work aims to evaluate and propose new methods of integrating the knowledge on energy efficiency, acquired in the thermal comfort learning and the practice of architectural design in undergraduate programs. For this purpose, a project management tool was adjusted to include energy efficiency requirements in each step of the design process. In addition, complementary methods were identified and proposed to provide the integration between thermal comfort and architectural design. To conclude, a practical use was proposed in a multi-storey residential design subject.

## **Resumen**

Con los avances tecnológicos en la construcción de edificios en las últimas décadas, especialmente en al respecto de la eficiencia energética, la complejidad del proceso de proyecto arquitectónico ha crecido. Sin embargo, existe un vacío entre el conocimiento académico y la práctica de los arquitectos, y este problema puede ser resuelto durante la formación de los estudiantes en la universidad. En este sentido, este trabajo tiene como objetivo evaluar y proponer formas de integrar los conocimientos adquiridos de la eficiencia energética en las disciplinas de confort ambiental, y las disciplinas del proyecto arquitectónico, en los programas de posgrado en arquitectura. Para esto, se hicieron ajustes en una herramienta de gestión de proyectos mediante la introducción de los requisitos de eficiencia de energía en cada paso del proceso. Además, este estudio ha identificado y propuesto métodos de enseñanza que promuevan la integración entre las disciplinas de proyecto y confort ambiental. Al final, hemos propuesto una aplicación práctica en la disciplina de proyectos de edificios residenciales multi-familiares.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas os avanços tecnológicos e as mudanças globais trouxeram novos parâmetros a ser incluídos no projeto de arquitetura, como a eficiência energética, assim como resgataram outros, a bioclimatologia. Com todas essas transformações, o processo de projeto tem aumentado sua complexidade, exigindo que este seja aprimorado para atender às novas demandas dos usuários e da sociedade contemporânea.

Apesar dos requisitos recorrentes dessas novas questões, as práticas de projeto arquitetônico não sofreram transformações significativas, o que demonstra uma lacuna existente entre o

conhecimento acadêmico e a prática dos arquitetos. Mesmo quando considerados, os requisitos de eficiência energética não são integrados no processo de projeto de forma adequada. Muitas vezes, as estratégias são consideradas apenas como simples adições de sistemas de economia de energia durante as etapas de detalhamento, quando deveriam ser pensadas desde a fase de concepção, na caracterização do partido arquitetônico (MACIEL, 2006).

O projeto em arquitetura é, muitas vezes, caracterizado como um processo criativo, principalmente durante a concepção inicial. Segundo Kowaltowski *et al.* (2006), esse processo de criação não possui métodos rígidos ou universais, embora alguns procedimentos sejam comuns a muitos profissionais.

Além das questões estéticas, os estágios iniciais de projeto devem também contemplar o pensamento científico para impedir que a arquitetura fique restrita a uma simples forma de arte (MACIEL, 2006). Malard (2005) completa essa relação entre arquitetura, as artes e a construção ao afirmar que, a arquitetura, “por não ser apenas um objeto de fruição, (...) difere, na sua prática projetual, das artes plásticas. Por não ser primordialmente um objeto tecnológico, diferencia-se da mera construção. Por não ser um simples abrigo de atividades, também não se confina às determinações utilitárias” (MALARD, 2005, p.100).

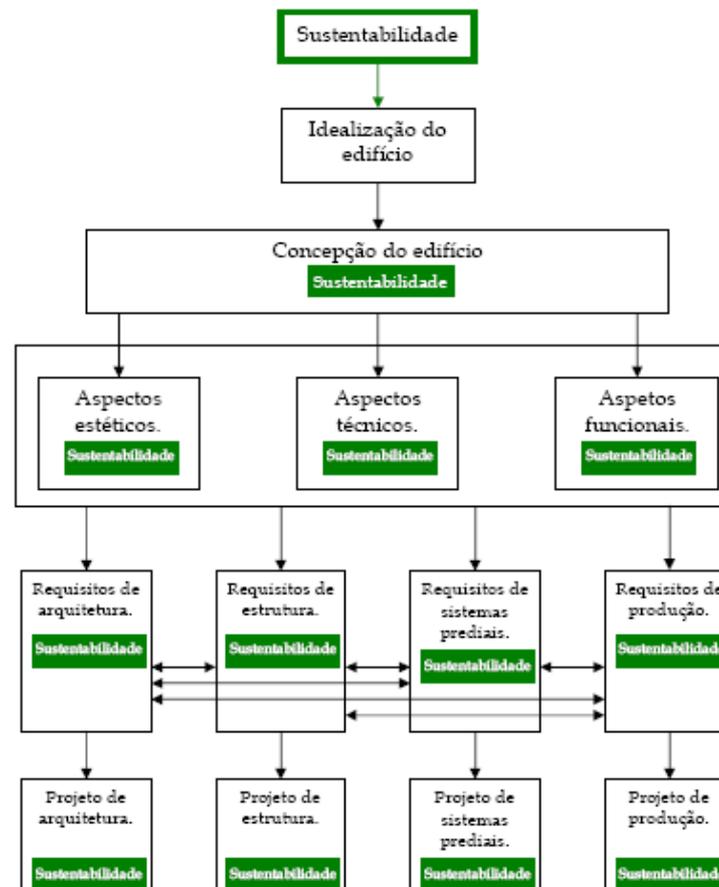
Dessa forma, o projeto de arquitetura pode ser entendido como a mistura das relações citadas por Malard (2005) com a tecnologia aplicada a partir de um saber científico para gerar um produto. Nesse sentido, os processos de produção na construção civil são caracterizados como um procedimento inovativo-tecnológico, por partir da disponibilidade de uma tecnologia e cuja inovação consiste na sua aplicação (MOTTA *et al.*, 2009).

Para compreender o processo de projeto em arquitetura, é fundamental que se faça uso das ferramentas de gestão de projetos. “Os sistemas de gestão de maneira prática buscam transformar o processo e ações produtivas em uma lógica de sistema fechado” (MOTTA *et al.*, 2009, p.97) por ter suas entradas e saídas limitadas, o que torna o processo previsível.

Motta *et al.* (2009) também afirmam que as estratégias de sustentabilidade devem ser contempladas em todas as etapas de projeto, assim como devem ser as estratégias de eficiência energética. Os requisitos precisam ser inseridos como condicionantes de forma vertical no processo, o que garante que estes estejam presentes intrinsecamente em todas as etapas do processo (figura 1) e não com uma relação paralela ao projeto. Além disso, é importante incorporar esses princípios desde as etapas iniciais de projeto, pois elas permitem maior possibilidade de intervenção no desempenho, o que proporciona menor custo das estratégias.

A inserção efetiva e contínua da eficiência energética nos projetos arquitetônicos não deve ser pensada apenas na prática dos escritórios. É fundamental que se dê atenção à formação dos

profissionais e à formação técnica dos estudantes, principalmente em relação aos fenômenos físicos do edifício, também chamado conforto ambiental. Maciel (2006) exemplifica questões como transferência de calor, geometria solar, diferença de pressão e conhecimentos dos condicionantes climáticos locais, como conhecimentos fundamentais para bons resultados em construções de elevado desempenho energético. Ela completa afirmando que esses conhecimentos são muitas vezes, durante a graduação, abordados de maneira mecânica, sem aplicação prática. Assim, essa lacuna decorre da falta de aplicação nas disciplinas de projeto dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de conforto.



**Figura 1: Inserção da sustentabilidade de forma vertical no processo. O mesmo pode ser aplicado para a eficiência energética que, da mesma forma, deve ser contemplada em todas as etapas de projeto. Fonte: MOTTA *et al* (2009).**

A interface entre ensino de projeto e de conforto térmico não ocorre em grande parte das universidades brasileiras, visto que, não há integração entre o conhecimento técnico e a prática de projeto. Em apenas 11,6% de 26 universidades pesquisadas essa integração é realizada de forma eficiente (VIANA, 2001), conforme visto na figura 2. Ou seja, em 3 universidades há uma boa integração e em 6 há uma integração parcial. Outras 14 (53,8%) universidades não realizam tal integração. Vê-se, portanto, a necessidade da aplicação dos conceitos de eficiência energética nas disciplinas de projeto dos cursos de arquitetura.

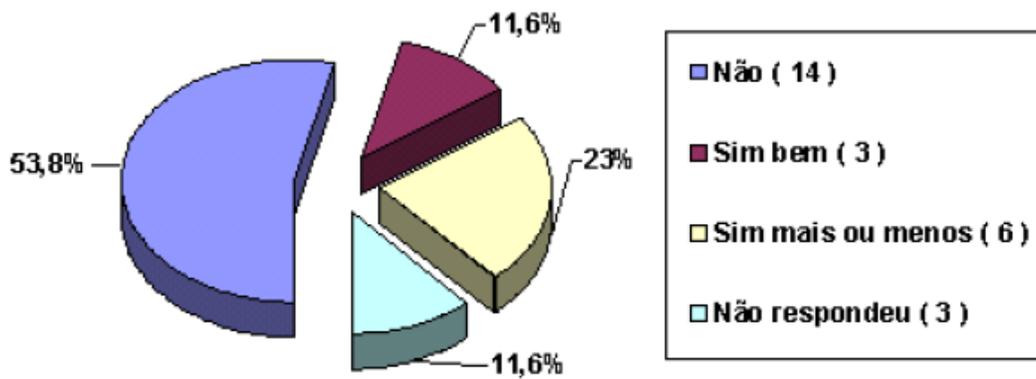


Figura 2: Integração das disciplinas de conforto com as de projeto nas escolas de arquitetura brasileiras. Fonte: VIANNA, 2001.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar e propor formas de integração dos conhecimentos de eficiência energética nas disciplinas de projeto arquitetônico nos cursos de graduação em Arquitetura Urbanismo.

### 2.2. ESPECÍFICOS

- Identificar as etapas de inserção da eficiência energética no processo de projeto arquitetônico;
- Identificar e adaptar ferramentas de gestão de projeto para inserção das decisões referentes à eficiência energética;
- Identificar métodos de ensino de projeto para integração entre eficiência energética e projeto arquitetônico;
- Elaborar uma proposta didática para aplicação em disciplinas de projeto.

## 3. O ENSINO DE PROJETO

Segundo Malard (2005), até pouco tempo, a docência em projeto se baseava na simples transmissão da experiência profissional dos arquitetos, em escritórios ou órgãos públicos, nas disciplinas oferecidas em forma de ateliê. É preciso que se entenda o ensino de projeto como “um processo educacional mais amplo que ultrapassa o mero repasse de técnicas e informações ou o simples adestramento para exercício profissional do arquiteto e urbanista” (CARSALADE, 2003, p.3).

Deste modo, Silva (2003) acredita que o ensino de projeto necessita de uma revisão das posturas pedagógicas adotadas. O projeto é tido por muitos como um ato pessoal, e isso faz com que o ensino se restrinja a mero “atendimento” em ateliê. O autor aponta para a importância da proximidade aluno-professor, no sentido de permitir que o professor oriente e indague o aluno, promovendo a experimentação e o questionamento. Essa experimentação faz com que o aluno inove e desenvolva suas próprias formas de projetar e aplicar seus conhecimentos, sem que isso ocorra de forma mecânica.

Deve-se atentar que o ensino do projeto faz parte do propósito institucional do ensino da arquitetura, que é a transmissão da teoria da produção arquitetônica, relacionada à concepção e materialização da arquitetura, e a teoria da excelência arquitetônica, relacionada à qualidade do objeto arquitetônico (SILVA, 2007). A produção arquitetônica deve incorporar as demais disciplinas participantes dos cursos de arquitetura com vistas à excelência arquitetônica. Neste âmbito, o processo de projeto que inclui os conceitos de eficiência energética ainda é nebuloso para diversos atores da academia, enquanto sua participação na excelência do produto carece de parâmetros de definição da qualidade.

Para se discutir a inserção da eficiência energética no ensino de projeto, é preciso que se compreenda a importância dessa disciplina no curso de arquitetura. Para Novak *et al.* (2003) o projeto é a espinha dorsal do curso e as demais disciplinas têm papel complementar na formação do arquiteto. O fato de serem complementares não as desvalorizam pois, para ele, é inconcebível projetar sem recursos de representação gráfica, concepção estrutural, instalações, etc. Cabe aos professores de projeto não confundirem complementar com secundário, devendo procurar uma boa aproximação entre as disciplinas.

Logo, os conhecimentos de conforto térmico não devem simplesmente se restringir às disciplinas específicas ao assunto, mas devem principalmente atingir a meta que é a aplicação no projeto. É importante ressaltar o papel dos professores das disciplinas complementares, que devem perceber que o arquiteto não necessariamente precisa ser um especialista nessas áreas. Além disso, eles têm a importante função de incentivar e mostrar a aplicação desses conhecimentos no projeto (NOVAK *et al.* 2003)

Para suprir essa necessidade de integração, alguns professores vêm fazendo experimentos em suas turmas de projeto. Novak *et al.* (2003), propuseram, além de aulas teóricas ministradas pelos próprios professores, palestras com docentes ou profissionais de outras áreas para que os alunos pudessem conhecer novas experiências de forma mais prática e, assim, tirar proveito de sua aplicação no projeto. Além disso, a turma era dividida em grupos que apresentavam seminários sobre assuntos recorrentes também aplicados ao projeto em questão.

Outra experiência foi realizada com seminários para exposição dos trabalhos desenvolvidos nas aulas. Essa exposição faz com que os alunos reavaliem suas posturas, aumentem o repertório de soluções para um mesmo problema, baseados nas experiências dos colegas. Nesse caso, as orientações com os professores visam apenas solucionar problemas específicos de cada aluno (SILVA, 2003). Porém deve-se atentar que as apresentações de seminários entre os próprios alunos podem não ser tão eficientes quanto a exposições feitas por profissionais ou docentes conforme apresentado por Novak *et al.* (2003). As palestras apresentadas por profissionais conferem mais credibilidade, permitem um contato menos restrito de um tema por parte de cada aluno, além de maior aprofundamento no assunto e na atividade prática profissional.

Outra atividade interessante é a chamada “maquete processual”, ou seja, maquetes intermediárias do projeto, onde os alunos simulam situações, experimentam partidos, e podem corrigir seus erros e aprimorar suas decisões. Além disso, a maquete estimula a visão tridimensional do projeto, o que leva a soluções muito mais completas em todos os sentidos (SILVA, 2003). O uso da maquete processual facilita o trabalho em grupo, permitindo que todos os membros trabalhem ao mesmo tempo no projeto, sem que a definição da forma da edificação fique a cargo de um membro do grupo que tenha maior domínio sobre as técnicas de desenho ou sobre as ferramentas computacionais. Embora as maquetes virtuais sejam bastante úteis e cada vez mais recorrentes para apresentação do projeto, estas devem ser evitadas nas fases de concepção em trabalhos em grupo, visto que aquela exige um desenvolvimento de caráter mais individual.

Essa experimentação por meio de maquetes pode ser uma boa solução para a inserção da eficiência energética nas disciplinas de projeto. Tanto na maquete física como na eletrônica, os alunos têm a possibilidade de simular condições de insolação, sombreamento, ventilação, iluminação, analisar a relação com o entorno e inovar em suas decisões. Além disso, a maquete permite que o aluno proponha mais facilmente soluções plásticas para solucionar problemas de conforto e eficiência energética.

A questão plástica é colocada por Maciel (2006) como uma diretriz dominante no projeto, e uma consideração importante por parte dos arquitetos. Nesse sentido, é importante que tanto decisões técnicas quanto decisões plásticas sejam tomadas ao mesmo tempo. A instalação de placas solares, por exemplo, podem vir a contribuir com a solução plástica, bem como a própria orientação do edifício. Outros exemplos são o uso de brises, varandas, tetos verdes, etc. Essa prática de projeto evita que essas soluções sejam apenas acréscimos em um partido já definido.

#### **4. REQUISITOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Para o desenvolvimento de normas e regulamentos em eficiência energética, Pérez-Lombard *et al.* (2009) indicaram sete passos que devem ser compreendidos para o desenvolvimento de

critérios para certificações energéticas. É possível interpretar esses passos sob uma nova perspectiva a fim de introduzir os requisitos de eficiência energética no processo de projeto, conforme descrito a seguir:

1. O que considerar em termos de eficiência energética no projeto a ser desenvolvido?
2. Como considerar estes requisitos no projeto?
3. Como atender aos limites de eficiência energética para o projeto?
4. Em que o projeto pode se basear em termos de boas práticas de eficiência energética?
5. Como calcular o nível de eficiência energética no projeto?
6. Quais as recomendações específicas para o projeto?
7. Qual o resultado final e o aspecto estético-visual que a edificação terá com a inserção destes requisitos de eficiência energética?

Romano (2006) desenvolveu uma ferramenta de gestão definida como modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. Sua principal característica é possibilitar a visão de todo o processo por uma unidade visual de representação gráfica e descritiva, com as informações necessárias para a realização de cada atividade, das partes envolvidas e de suas respectivas tarefas. Nesse modelo são contempladas todas as sequências de decisões e ações dentro do processo de criação e produção do empreendimento imobiliário, desde as fases iniciais de planejamento, divulgação do imóvel, levantamentos de requisitos, até fases finais como o projeto *as built*, acompanhamento e a avaliação de satisfação dos usuários, conforme figura 3. Essa representação é constituída por oito planilhas, onde cada uma representa uma fase do processo. Essas fases são descritas por meio de suas entradas, atividades, tarefas, domínios, mecanismos, controles e saídas.

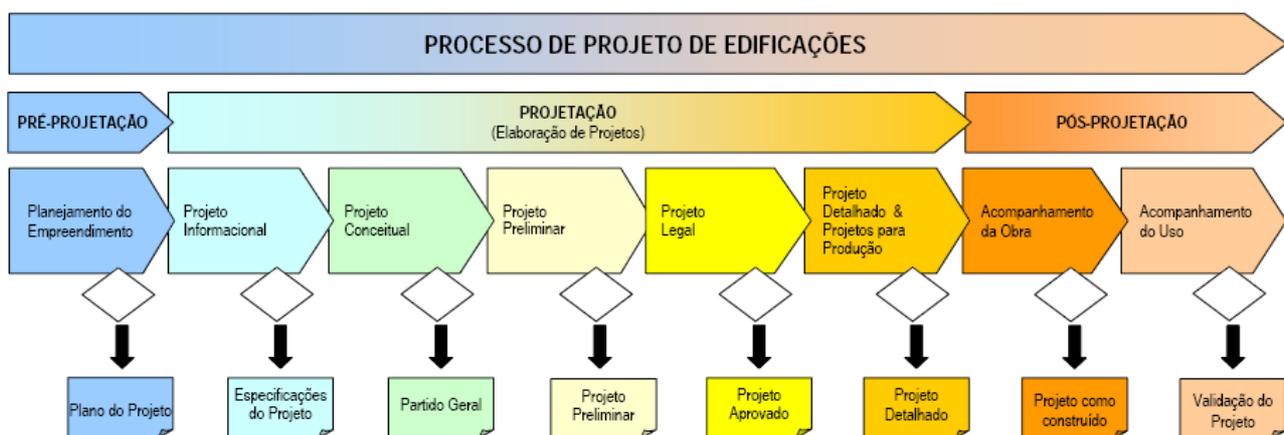


Figura 3: Representação das fases do processo de projeto.

Fonte: ROMANO, 2006.

O uso desse modelo pode facilitar a visualização de cada etapa do projeto, auxiliando na gestão das atividades e decisões. A ferramenta de gestão pode ser útil para a compreensão dos

momentos do projeto onde certos requisitos e estratégias são determinantes para que se obtenha um bom resultado na eficiência energética. Além disso, ela pode ser usada para analisar os questionamentos levantados a partir dos passos de Pérez-Lombard *et al.* (2009).

## 5. METODOLOGIA

A metodologia consiste no acompanhamento de uma turma com observação em um primeiro momento e o desenvolvimento de uma proposta didática, para futura aplicação em uma disciplina de projeto. Esta proposta incluiu ferramentas de apoio do projeto arquitetônico e eficiência energética desenvolvidas nesta pesquisa e em pesquisas anteriores.

Primeiramente, foi proposta a inserção de requisitos de eficiência energética no modelo de Romano (2006) e a aplicação didática desta ferramenta. Para facilitar a visualização do processo e o acompanhamento dos alunos em cada etapa do projeto, as planilhas foram simplificadas. Foram suprimidas as etapas relacionadas à gerência, ao *marketing* do empreendimento, à contratação e a outras atividades que não estão diretamente associadas às decisões de projeto e que, portanto, não são praticadas em aula.

Ainda para simplificar e facilitar a compreensão dos alunos, foi realizada a adequação das nomenclaturas utilizadas para cada fase de projeto, pois as nomenclaturas adotadas por Romano (2006) não correspondem com as convencionadas pela ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura, nem pela NBR 13531 - Elaboração de projetos e Edificações.

Os requisitos de eficiência energética foram identificados a partir das sete questões originadas dos passos de Pérez-Lombard *et al.*(2009) e foram inseridos nas planilhas do processo de projeto descrito por Romano (2006) nas seguintes colunas: entradas, atividades, tarefas, domínios, mecanismos, controles e saídas. Os parâmetros dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética – RTQ (BRASIL, 2009; BRASIL, 2010)<sup>j</sup>, foram definidos como documentos de controles das atividades. Os RTQ's foram utilizados como documento base para seleção dos critérios de eficiência aplicados em projeto e foram os parâmetros adotados para a tomada de decisões.

Em paralelo, a proposta didática foi desenvolvida por meio de observação de duas disciplinas. Na primeira, de conforto ambiental, a evolução do desempenho de uma turma foi acompanhada durante o primeiro semestre de 2011 para verificar o nível de conhecimento adquirido no tema. Dois exercícios práticos desenvolvidos em sala foram executados: um no primeiro dia de aula prática da disciplina – quando os estudantes ainda não tiveram contato com o conteúdo a ser ministrado; e outro na última aula prática, para avaliar a evolução e o aprendizado sobre o tema. Nos dois casos, os estudantes desenvolveram um croqui de um restaurante de 250 m<sup>2</sup> em formato livre. Esses trabalhos foram analisados de acordo com o conteúdo da disciplina, em que

foram avaliadas as decisões de projeto referentes à orientação, aos condicionantes do terreno, ao entorno, ao uso de proteções solares, às estratégias bioclimáticas, à especificação de materiais, dentre outros parâmetros, bem como a indicação de terem considerado tais parâmetros.

Na segunda, foi considerado o método didático de uma disciplina de projeto arquitetônico para edificações residenciais multifamiliares, a fim de enquadrar a proposta de integração em uma situação real. A disciplina de projetos residenciais multifamiliares é dividida em duas etapas: na primeira etapa, cujo tema é um conjunto de edifícios para habitação de interesse social de até 4 pavimentos, o projeto é individual e apresentado em nível de estudo preliminar. Na segunda etapa, o projeto trata de um prédio de alto padrão construtivo, de até 10 pavimentos, desenvolvido em duplas e apresentado no nível de anteprojeto. Essas aulas incluem, além das atividades de ateliê, conteúdos teóricos apresentados antes das atividades práticas para auxiliar o desenvolvimento dos projetos.

Além disso, a proposta visou à aplicação dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2010) no processo de projeto das edificações residenciais multifamiliares. Além dos estudantes consolidarem conhecimentos adquiridos, o RTQ-R possibilita que eles quantifiquem o produto em termos de eficiência energética, conforme é cada mais vez exigido entre os profissionais. Como complemento à aplicação dos requisitos, o material didático foi fornecido aos estudantes para o desenvolvimento do projeto, incluindo: planilhas automáticas de cálculo, manual de aplicação dos requisitos e estudos de casos com exemplos aplicados em um projeto de edificação residencial multifamiliar.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. ADAPTAÇÃO DA FERRAMENTA DE GESTÃO

Após a análise das nomenclaturas adotadas para cada fase de projeto, optou-se por utilizar a utilizada pela NBR 13.531 - Elaboração de Projetos e Edificações, que é mais recorrente entre os arquitetos, para adaptar as planilhas de Romano (2006) às etapas correspondentes, conforme quadro 1.

**Quadro 1: Nomenclaturas e fases adotadas por Romano (2003) e suas respectivas correspondentes de acordo com a ASBEA e a NBR13 531.**

<b>Nomenclatura de Romano</b>	<b>Correspondente ASBEA</b>	<b>Correspondente NBR 13531</b>
Projeto informacional	Concepção do Produto (Levantamento de dados, programa de necessidades e estudo de viabilidade)	<b>Programa de necessidades, Estudo de viabilidade</b>
Projeto conceitual		<b>Estudo preliminar</b>

Projeto preliminar	Definição do Produto (Estudo preliminar, anteprojeto e projeto legal)/ Identificação de solução de interfaces	<b>Anteprojeto</b>
Projeto legal		<b>Projeto legal/ Projeto básico</b>
Projeto Detalhado	Projeto Detalhamento de Especialidades	<b>Projeto Executivo</b>
Acompanhamento da Obra	Pós- entrega de projeto	---
Acompanhamento de Uso	Pós- entrega da obra	---

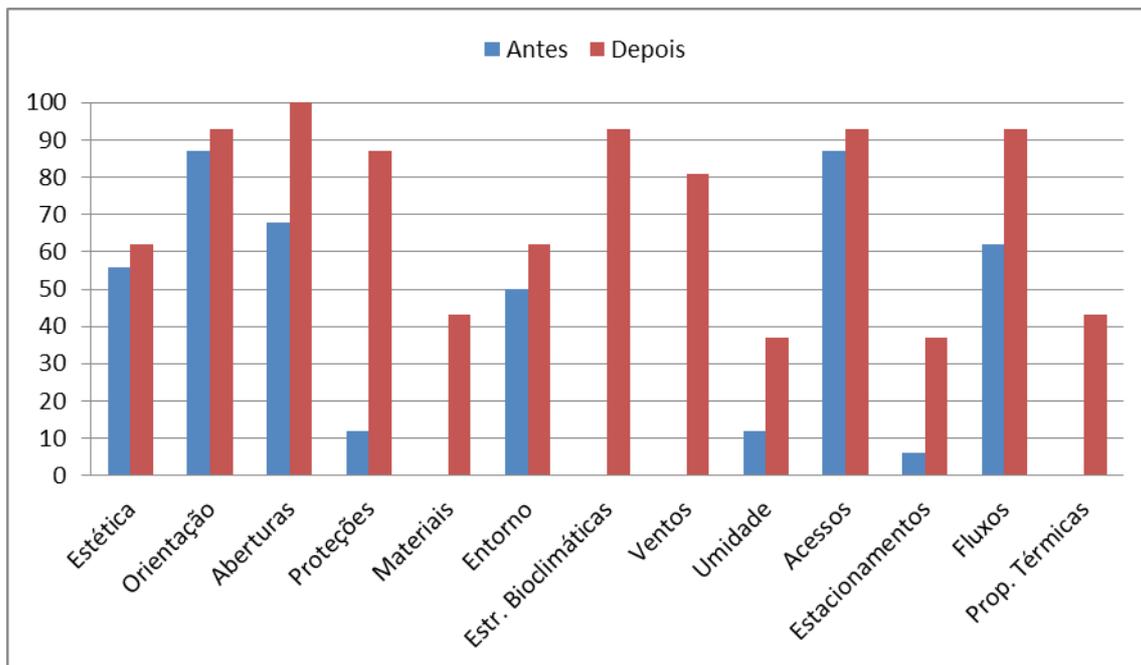
De oito planilhas de Romano (2006), somente três foram propostas para uso em sala de aula, dado o foco na concepção do projeto praticado na disciplina. As etapas são: Projeto informacional - que corresponde ao **programa de necessidades/estudo de viabilidade**; projeto conceitual – que corresponde ao **estudo preliminar** e projeto preliminar – que corresponde ao **anteprojeto**.

Os parâmetros que definem os RTQs foram inseridos nas tarefas, as portarias de publicação dos requisitos foram inseridas nos controles e a interação entre projetista e consultores, nos domínios, conforme quadro 2:

**Quadro 2: Exemplo da inserção da eficiência energética nas planilhas. Fonte: Romano (2006) modificado pelos autores.**

FASE 3 - PROJETO CONCEITUAL DA EDIFICAÇÃO (Estudo Preliminar)						
Entradas	Atividades	Tarefas	Domínio	Mecanismos	Controles	Saídas
Ficha de aprovação de passagem de fase. Declaração do escopo do projeto	Comunicação de início da fase do projeto conceitual					Comunicação de aprovação do plano do projeto
LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO/SONDAGEM						
CONTRATAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO/INFORMAR/MONITORAR						
Estudo(s) de viabilidade arquitetônica; Especificações de projeto; Fatores de influência no processo construtivo; Relatório sobre o terreno; Levantamento topográfico do terreno; Sondagem do terreno; Legislação pertinente	Analisar o problema de projeto	Analisar o programa arquitetônico estabelecido	PP-AR, CEE	Esboços, cálculos, <b>Análise pelo método prescritivo e/ou simulação do RTQ.</b>	Contrato <b>RTQ</b>	Compreensão da edificação a ser projetada
		Estimar dimensões, área construída e configuração geral do volume ou volumes	PP-AR			
		Estudar as características do terreno, no que concerne a <b>formato, dimensões, relevo, ensolação/sombreamento, ventilação</b>	PP-AR, CEE			
		Estudar limitações impostas pela legislação pertinente, <b>áreas de aberturas por cômodo e limitações na volumetria</b>	PP-AR, CEE			
		Avaliar recursos materiais disponíveis	PP-AR			
Identificar outros condicionantes significativos	PP-AR					
Desenvolver as concepções alternativas da edificação	Desenvolver princípios de solução para a edificação Esboçar princípios de solução	Desenvolver princípios de solução para a edificação	PP-AR, CEE	Esboços, cálculos, <b>Análise pelo método prescritivo e/ou simulação do RTQ.</b>	Necessidades dos clientes/usuários; Requisitos dos clientes/usuários;	Princípios de solução
		Esboçar princípios de solução	PP-AR, CEE			
		Selecionar concepções alternativas mais adequadas	PP-AR, CEE			
<b>6.2. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA TURMA NA DISCIPLINA DE CONFORTO AMBIENTAL</b>		Estimar o custo das concepções alternativas da edificação	PP-AR, CEE	Metodologia de estimativa de custo	Preço de venda preliminar	Concepções alternativas da edificação Estimativa de custo das concepções alternativas da edificação

A avaliação dos estudantes na disciplina de conforto ambiental foi importante para identificar o conteúdo apreendido pela turma. Foi possível perceber que eles adquiriram uma capacidade satisfatória para utilizar tais conhecimentos de forma prática em seus projetos. A evolução dos alunos e a aplicação dos conhecimentos adquiridos na disciplina são expressas na figura 4.



**Figura 4: Análise quantitativa dos itens atendidos no projeto nas duas fases do trabalho, na disciplina de conforto ambiental.**

A evolução ao longo da disciplina de conforto ambiental indicou a capacidade dos alunos em aplicar os conhecimentos adquiridos. Como exemplo, não houve, como esperado, a inclusão de estratégias bioclimáticas no início da disciplina, enquanto, ao final, 93% fizeram uso desse tipo de estratégias; além disso, se apenas 12% dos projetos do início da disciplina continham qualquer tipo de tratamento de aberturas com função de proteção solar, estas passaram para 88% após ministrado o conteúdo. Vê-se, portanto, que no primeiro momento os alunos apenas consideravam questões como orientação e entorno, e o projeto tinha como foco principal o dimensionamento e a distribuição dos fluxos e dos espaços. Muitos não representaram sequer as aberturas de janelas, apenas de portas. Notou-se também que somente no final da disciplina alguns alunos se preocuparam com os materiais construtivos e, conseqüentemente, com suas propriedades térmicas. Apesar disso, a maioria não especificou as propriedades com clareza, o que indica a necessidade de reforço deste conteúdo na disciplina de projeto, tendo em vista que a aplicação correta dos materiais é fundamental para o bom desempenho energético das edificações.

A análise da qualidade dos trabalhos permitiu observar um avanço ainda maior. As poucas proteções solares incluídas nos projetos no início da disciplina não eram compatíveis com a orientação e tinham caráter apenas estético. Já no segundo momento, a maioria dos alunos fez uso de proteções que foram corretamente dimensionadas e orientadas com a utilização de cartas solares e máscaras de sombra. Além disso, questões referentes à ventilação dos ambientes e do sombreamento provocado pelos edifícios do entorno foram trabalhadas de forma adequada pela maioria dos alunos. Ainda que, no final da disciplina de conforto ambiental, 100% dos alunos

tenham desenhado as aberturas e as posicionado de acordo com a orientação, não houve muita preocupação com o dimensionamento correto, o que na disciplina de projeto deve ser ressaltado por meio dos parâmetros do RTQ-R.

### **6.3. PROPOSTA DIDÁTICA PARA DISCIPLINA DE PROJETO**

A proposta didática focou a complementação das atividades de atelier com a ferramenta de gestão de projetos adaptada. Essa ferramenta sistematizou o processo projetual, ao facilitar a aplicação dos conhecimentos de forma prática no projeto arquitetônico. Propõe-se, inicialmente, ministrar aulas teóricas sobre requisitos de eficiência energética de acordo com o RTQ-R (BRASIL, 2010) para que os alunos possam aprofundar esse tema, que foi brevemente apresentado na disciplina de conforto. Os conceitos de eficiência energética devem ser integrados ao projeto junto ao conteúdo normalmente apresentado na disciplina.

Em seguida, os alunos devem incluir a eficiência energética como um dos critérios para análise dos estudos de caso que já fazem parte do programa didático da disciplina. Esses estudos de caso são fundamentais para aumentar o repertório de soluções arquitetônicas em eficiência energética para o tema do projeto em questão.

Após essa etapa, as planilhas devem ser apresentadas aos estudantes. Elas serão uma ferramenta auxiliar nas tomadas de decisões, no controle das informações a considerar no projeto e no planejamento do processo ao longo da disciplina. Além das aulas teóricas, a turma será acompanhada durante todas as práticas, por meio de orientação no desenvolvimento dos projetos. Durante as aulas práticas os assuntos referentes ao RTQ-R serão aprofundados com os alunos de acordo com o andamento do processo, acompanhado pela ferramenta de gestão. Os cálculos serão realizados em planilhas eletrônicas desenvolvidas para apoio a projetos (TELLES; CARLO, 2011), de forma que os estudantes foquem sua atenção nos conceitos qualitativos envolvidos no projeto arquitetônico.

Os projetos devem ser desenvolvidos por meio de croquis, porém com foco em maquetes físicas processuais que, em um segundo momento, serão mais detalhados em maquetes eletrônicas. As maquetes eletrônicas não deverão ser utilizadas somente para as definições das soluções plásticas do projeto, mas servirão para simulações simplificadas de insolação, proteções solares, etc. O uso das ferramentas computacionais apresentadas nas disciplinas de conforto ambiental também deve ser incentivado. O material teórico desenvolvido para apoio ao projeto arquitetônico e eficiência energética será disponibilizado para consulta e verificação de aplicação em estudos de casos (TELLES; CARLO, 2011).

O RTQ-R será considerado como um parâmetro da qualidade do projeto que irá auxiliar os estudantes nas suas soluções a propor. Os exercícios de projeto incluirão as análises para

etiquetagem das edificações projetadas, o que será essencial para o aprofundamento no tema ao quantificar o nível de eficiência alcançado.

Os alunos desenvolverão diferentes atividades relacionadas à etiquetagem dos edifícios residenciais de acordo com o tema proposto, sendo que no segundo projeto será exigido um maior aprofundamento dos conhecimentos. O foco da etiquetagem será a arquitetura, o que elimina do processo a definição dos requisitos do sistema de aquecimento de água presentes no RTQ-R. As atividades serão distribuídas conforme o quadro 3, onde se veem os principais conteúdos presentes no RTQ-R.

**Quadro 3: Critérios do RTQ-R para cada projeto desenvolvido.**

Tema proposto na disciplina		Conteúdos do RTQ-R incluídos em cada tema
<b>Projeto 1</b> <b>Atividade individual</b>	Edifício Residencial Multifamiliar – Interesse social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré-requisitos da envoltória das UH's;</li> <li>- Eficiência da envoltória das UH's (sem bonificações);</li> <li>- Eficiência das áreas comuns;</li> <li>- Bonificações das áreas comuns;</li> <li>- ENCE UH's (melhor e pior, escolher 4)+ ENCE áreas comuns.</li> </ul>
<b>Projeto 2</b> <b>Atividade em dupla</b>	Edifício Residencial Multifamiliar – Padrão de mercado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pré-requisitos da envoltória das UH's;</li> <li>- Eficiência da envoltória das UH's;</li> <li>- Bonificações das UH's;</li> <li>- Eficiência das áreas comuns (sem bonificações);</li> <li>- ENCE UH's (todas) + ENCE multifamiliar.</li> </ul>

Por fim, a proposta inclui uma retroalimentação do método didático. Recomenda-se que os resultados das atividades ao final da disciplina de projeto sejam avaliados por meio da apresentação por parte dos estudantes de um memorial com a indicação dos itens do RTQ-R que foram atendidos e como os aplicaram. Além disso, a avaliação dos projetos arquitetônicos deve integrar uma análise comparativa com os projetos desenvolvidos em outros anos na mesma disciplina. Os mecanismos de comparação podem ser quantitativos, por nota, ou qualitativos, pela análise comparativa, o que é mais indicado. No entanto, este método exige que haja um arquivamento dos projetos e propostas dos anos anteriores, o que depende da iniciativa do professor coordenador da disciplina de projeto arquitetônico.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista a lacuna existente entre conhecimentos de conforto ambiental e sua aplicação no projeto, os objetivos do trabalho de inserir a eficiência energética no ensino de projeto podem ser alcançados a partir de uma prática complementar às atividades de atelier por meio de uma ferramenta de gestão do processo de projeto em sala de aula.

A ferramenta foi a base da proposta didática desenvolvida com a observação de uma disciplina relacionada com o tema para aplicação em outra. Integração com estudos de caso, incentivo do uso de maquetes processuais físicas durante a concepção do projeto e de maquetes eletrônicas em estágios mais avançados integram a proposta. O método inclui ainda a retroalimentação por meio de análises comparativas dos resultados com os obtidos em anos anteriores.

A partir do momento em que o estudante considera que a arquitetura vai além do processo criativo e das decisões funcionais e estéticas, e que deve contemplar questões tecnológicas desde o início de sua concepção, haverá uma modificação na forma de projetar em arquitetura. As questões tecnológicas deixam de ser apenas acréscimos na forma final da edificação e passam a transformar a linguagem arquitetônica como um todo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR13.531*: Elaboração de projetos de edificações – Atividades Técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

BRASIL. INMETRO. *Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos*. Portaria 163 de 08 de junho de 2009.

BRASIL. INMETRO. *Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais*. Portaria 449 de 25 de novembro de 2010.

BRASIL. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001b. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf> . Acesso em: 17 mar. 2003.

CAMBIAGHI, Henrique; AMÁ, Roberto. *Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo*. ASBEA, s/d.

CARSALADE, Flávio de Lemos. Referências Metodológicas para um Processo de Ensino de Projeto. *Anais... Projetar*. Natal, 2003. p.

KOWALTOWSKI, Dóris C. C. K.; CELANI, Maria G. C.; MOREIRA, Daniel de C.; PINA, Silvia A. M. G.; RUSCHEL, Regina C.; SILVA, Vanessa G.; LABAKI, Lucila C; PETRECHE, João R. D. "Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico". In: *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 2006. p. 7-19

MACIEL, Alexandra. *Integração dos Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

MALARD, Maria Lúcia. *Cinco textos sobre Arquitetura*. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

MOTTA, Sílvio R.F.; AGUILAR, Maria Tereza P. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações. In: *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 2009. p.84-119.

NOVAK, Helio; CAMPELLO, Mauro Santoro. O Ensino de Projeto e sua Interface com as Disciplinas Complementares. *Anais... Projetar*, Natal, 2003.

PÉREZ-LOMBARD, Luiz; ORTIZ, José; GONZÁLEZ, Rocío; MAESTRE, Ismael R. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings* nº41, 2009.

ROMANO, Fabiane V. Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 2006. p. 23-46.

SILVA, Elvan. Crítica e avaliação no ensino do projeto arquitetônico: subsídios para uma discussão necessária. In: *O lugar do projeto no ensino e na pesquisa em arquitetura e urbanismo*. DUARTE, Cristiane Rose; RHEINGANTZ, Paulo Afonso; AZEVEDO, Giselle; BRONSTEIN, Lais. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria, 2007. 536 p.

SILVA, Jonathas M. P.. Influência das linhas pedagógicas sobre o ensino de projeto. *Anais... Projetar*. Natal, 2003.

TELLES, Carolina de Paula; CARLO, Joyce Correna. Avaliação do Nível de Conhecimento dos Conceitos de Eficiência Energética no Curso de Arquitetura e Urbanismo e Mercado de Trabalho. *Anais... ENCAC*. Búzios-RJ, 2011. 10 p.

VIANNA, Nelson Solano. Análise Crítica do Ensino de Conforto Ambiental nas Escolas de Arquitetura. *Anais... ENCAC*. São Pedro-SP, 2001. 7 p.

<sup>i</sup> Certificação energética brasileira para edificações. É de caráter voluntário, oferecido pelo Inmetro por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Indica o nível de eficiência energética em uma escala onde nível A é a edificação mais eficiente e o nível E é o menos eficiente. O PBE de edificações é o indicador técnico referencial de eficiência energética de edificações no país conforme determinado pela Lei federal 10.295 (BRASIL, 2001),