

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**INSTRUMENTO PARA A INTRODUÇÃO DA ABORDAGEM DA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL**

Luiza Denardi Cesar

SÃO CARLOS  
2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**INSTRUMENTO PARA A INTRODUÇÃO DA ABORDAGEM DA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL**

Luiza Denardi Cesar

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Construção Civil.

SÃO CARLOS  
2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C421ii

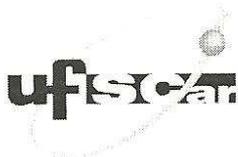
Cesar, Luiza Denardi.

Instrumento para a introdução da abordagem da eficiência energética em cursos de engenharia civil / Luiza Denardi Cesar. -- São Carlos : UFSCar, 2012.  
117 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Construção civil. 2. Engenharia - estudo e ensino. 3. Ensino superior - sustentabilidade. 4. Poluição. I. Título.

CDD: 690 (20<sup>a</sup>)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil  
Rod. Washington Luís, Km 235  
13565-905 – São Carlos – SP  
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262  
e-mail: [ppgciv@ufscar.br](mailto:ppgciv@ufscar.br) site: [www.ppgciv.ufscar.br](http://www.ppgciv.ufscar.br)

---

**“INSTRUMENTO PARA A INTRODUÇÃO DA ABORDAGEM DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
EM CURSO DE ENGENHARIA CIVIL”**

**LUIZA DENARDI CESAR**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em vinte de dezembro de 2011.

Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

**Profª Drª Léa Cristina Lucas de Souza**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Orientadora

---

**Profª Drª Nídia Pavan Kuri**  
Escola de Engenharia de São Carlos/PPG-EE/USP  
Examinador Externo

---

**Prof. Dr. José Carlos Paliari**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Examinador Interno

## ***AGRADECIMENTOS***

---

A **Deus** pela saúde, força de vontade e pelas pessoas boas que fazem parte da minha vida.

À **UFSCar** pela oportunidade de realizar o mestrado e a **CAPES** pela bolsa concedida, pois sem ela seria praticamente impossível cursar o mestrado.

À **Profa. Dra. Léa Cristina Lucas de Souza** por ter me acolhido no momento em que mais precisei e por ser essa pessoa sempre querida, acolhedora, disposta a ajudar e por sempre me passar tranquilidade e otimismo.

Ao professor **Dr. José Carlos Paliari** pelo seu zelo aos alunos do mestrado, por ter me ajudado na definição do tema da minha dissertação e por ter me ajudado a encontrar uma nova orientadora.

Aos professores **Dr. Almir Sales** e **Dr. José Carlos Paliari** pela ótima contribuição na qualificação do mestrado.

Ao professor **Dr. Antônio Néson Rodrigues da Silva** e **Dra. Nídia Pavan Kuri** pela ajuda na elaboração do questionário envolvendo a eficiência energética.

Aos professores **Dr. José Carlos Paliari**, **Dr. Douglas Barreto** e **Dra. Eliani Viviani** por terem me ajudado com a etapa de teste do questionário envolvendo a eficiência energética.

Aos demais **professores do Programa de Pós Graduação em Construção Civil** que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação.

À querida secretária **Solange Damha**, pelas suas palavras de carinho e apoio, pela amizade e por nos ajudar tanto na secretaria da pós-graduação.

Aos colegas de mestrado, alguns em especial, pela amizade.

Ao **Le** e a minha **família** pelo constante apoio, carinho, incentivo e por sempre estarem ao meu lado e se preocupando comigo.

## **RESUMO**

---

Este estudo tem por objetivo a construção de um instrumento para avaliar e inserir a eficiência energética em disciplinas de cursos de Engenharia Civil. O instrumento foi confeccionado a partir dos critérios adotados pelas certificações da construção sustentável no Brasil: Alta Qualidade Ambiental, Etiquetagem de Eficiência Energética de edificações e Selo Casa Azul CAIXA. Foi realizada uma investigação da situação dos cursos de Engenharia Civil através de informações coletadas por meio da revisão das ementas ou conteúdos programáticos de disciplinas. Essa investigação incluiu a organização curricular estabelecida pela Resolução CNE/CES N. 11, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em engenharia. A seleção das instituições de ensino superior foi baseada nos cursos de Engenharia Civil que foram avaliados em 2008 pelo Exame Nacional de Desempenho de Estudantes. Além disso, a seleção considerou cursos que possuíam o projeto pedagógico ou grade curricular, com as respectivas ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas, disponíveis em página eletrônica do curso. Seguindo esses critérios, foram selecionados 15 cursos de Engenharia Civil. Os resultados apontam que há dificuldade de separação dos conteúdos das disciplinas de acordo com os núcleos de conteúdos, podendo ser essa a razão para a carga horária média do núcleo de conteúdos básicos e profissionalizantes nas periodicidades semestral e anual serem maiores do que as exigências das Diretrizes Curriculares Nacionais. Já para o núcleo de conteúdos específicos, foi observado o contrário nas duas periodicidades. Nesse caso, verificou-se dificuldade de separação de conteúdos de acordo com o núcleo de conteúdos e ainda o não aproveitamento pelos cursos de Engenharia Civil da possibilidade de flexibilização curricular permitidas pelas referidas Diretrizes. O número reduzido de disciplinas que contemplam a eficiência energética remete a um indicativo de que as instituições de ensino não estão aproveitando a possibilidade de introdução de temas atuais importantes na formação do engenheiro, como é o caso da eficiência energética.

**Palavras-chave:** Educação em engenharia. Engenharia sustentável. Poluição ambiental.

## ***ABSTRACT***

---

This study aims to build a tool for evaluating energy efficiency and insert it in disciplines of Civil Engineering courses. The instrument was constructed by applying the criteria for certification of sustainable construction in Brazil: High Environmental Quality, Energy Efficiency Labeling of buildings and Seal Blue House CASH. An investigation of the status in the Civil Engineering courses was performed based on information gathered from, either syllabuses, or programmatic content of the disciplines. This investigation included the curriculum established by the Resolution CNE/CES N. 11, which points out the National Curriculum Guidelines of an undergraduate degree in engineering. The higher education institutions were selected based on courses in Civil Engineering, which were evaluated in 2008 by the National Survey of Student Performance. In addition, in the process of selecting courses, only the courses with pedagogical project or curriculum which shows at the webpage the notes or syllabus of the courses was considered. Following these criteria, 15 courses of Civil Engineering were selected. The results show that it is difficult to separate the content of the subjects according to the core content. This situation may be the reason for the average workload of the core of basic and professional contents in both biannual and annual periodicities courses be larger than the requirements of the Guidelines National Curriculum. On the other hand, for the specific content core, it was observed the opposite in both periodicities. In this case there was difficulty in separating the content according to the core content. In addition, the courses of Civil Engineering still do not use the possibility of curricular flexibility allowed by these Guidelines. The reduced number of disciplines that include energy efficiency indicated that the educational institutions are not taking advantage of the possibility of introducing new up to date and important topics in the engineer formation, such as energy efficiency.

**Key-words:** Engineering education. Sustainable engineering. Environmental pollution.

## ***LISTA DE TABELAS***

---

<b>Tabela 1</b> - Panorama da geração da energia elétrica no Brasil em 2009.....	45
<b>Tabela 2</b> - Panorama dos cursos de Engenharia Civil do Brasil avaliados pelo ENADE. ....	67
<b>Tabela 3</b> - Parâmetros curriculares dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral.....	70
<b>Tabela 4</b> - Parâmetros curriculares dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade anual. .....	70

## ***LISTA DE FIGURAS***

---

<b>Figura 1</b> - Conceito transversal ou rizomático do conhecimento. ....	21
<b>Figura 2</b> - Conceito arbóreo de conhecimento. ....	22
<b>Figura 3</b> - Processo de identificação do corpo de conhecimento sobre a sustentabilidade. ....	38
<b>Figura 4</b> - Exemplo da ENCE para projeto de unidade habitacional autônoma. ....	54
<b>Figura 5</b> - Níveis ouro, prata e bronze do Selo Casa Azul CAIXA. ....	55
<b>Figura 6</b> - Estrutura organizacional do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética, a partir das três certificações da construção sustentável brasileira: AQUA, Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R) e Selo Casa Azul CAIXA. ....	62

## ***LISTA DE QUADROS***

---

<b>Quadro 1</b> - Categorias do instrumento Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). .....	52
<b>Quadro 2</b> - Cursos de Engenharia Civil por estado, periodicidade, ênfase e conceito ENADE. .....	66
<b>Quadro 3</b> - Disciplinas que contemplaram diretamente a eficiência energética. ....	87
<b>Quadro 4</b> - Disciplinas que contemplaram indiretamente a eficiência energética. ....	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
<b>Quadro 5</b> - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos básicos. ..	90
<b>Quadro 6</b> - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos profissionalizantes. ....	92
<b>Quadro 7</b> - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos específicos. .....	93

## ***LISTA DE GRÁFICOS***

---

<b>Gráfico 1</b> - Variação do PIB e do consumo de energia mundial entre os anos de 1998 e 2007. .....	44
<b>Gráfico 2</b> - Tendência dos consumos de energia elétrica por setor no Brasil.....	47
<b>Gráfico 3</b> - Uso final de energia elétrica das residências brasileiras referente a 2005. ....	47
<b>Gráfico 4</b> - Comparação da carga horária média dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral e anual com a carga horária exigida pela Resolução CNE/CSE N. 2. .....	68
<b>Gráfico 5</b> - Comparação da carga horária média para os núcleos básicos, profissionalizantes e específicos para os cursos com periodicidade semestral e anual em relação às exigências das Diretrizes Curriculares Nacionais.....	69
<b>Gráfico 6</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos básicos contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral.....	72
<b>Gráfico 7</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos básicos contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual. ....	72
<b>Gráfico 8</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral. ....	74
<b>Gráfico 9</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual. .	75
<b>Gráfico 10</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos específico contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral e ênfases 1 e 2. .	77
<b>Gráfico 11</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos específico contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual. ....	78
<b>Gráfico 12</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo síntese e integração do conhecimento, contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade seestral. ..	
<b>Gráfico 13</b> - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo síntese e integração do conhecimento, contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual.....	79

## **SUMÁRIO**

---

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos da pesquisa .....	16
1.2 Etapas metodológicas.....	17
1.3 Organização da dissertação .....	17
<b>2 O ENSINO DA ENGENHARIA .....</b>	<b>19</b>
2.1 Legislações para os cursos de engenharia.....	19
2.2 Avaliações dos cursos de engenharia.....	25
2.3 O perfil do engenheiro .....	28
<b>3 EDUCAÇÃO PARA A ENGENHARIA MAIS SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>32</b>
3.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável .....	32
3.2 Ensino da engenharia para o desenvolvimento sustentável – vários estudos e pesquisas ..	34
<b>4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO .....</b>	<b>42</b>
4.1 Fontes de energia .....	42
4.2 Matriz energética brasileira.....	44
4.3 Consumo de energia elétrica em edificações.....	46
4.4 Certificações para edificações mais sustentáveis brasileiras que abordam e eficiência energética.....	48
4.4.1 Referencial Alta Qualidade Ambiental (AQUA) .....	51
4.4.2 Etiqueta de eficiência energética de edificações .....	52
4.4.3 Selo Casa Azul CAIXA .....	55
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>57</b>
5.1 Delimitação do universo de casos a serem estudados .....	58
5.2 Investigações dos cursos de acordo com a Resolução CNE/CES N. 11 .....	59
5.3 Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética.....	60
5.4 Verificação de conteúdos envolvendo a eficiência energética .....	63
5.5 Formas de apresentação e análise dos resultados .....	64

<b>6 ADEQUAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL À RESOLUÇÃO CNE/CES N. 11 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.1 Cursos de Engenharia Civil investigados .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 Cursos de Engenharia Civil e a Resolução CNE/CES N. 11 .....</b>	<b>67</b>
6.2.1 Núcleo de conteúdos básicos .....	70
6.2.2 Núcleo de conteúdos profissionalizantes .....	73
6.2.3 Núcleo de conteúdos específicos .....	75
6.2.4 Síntese e integração do conhecimento .....	78
<b>7 INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO E INSERÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>80</b>
<b>7.1 Formação do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética.....</b>	<b>80</b>
<b>7.2 Os conteúdos programáticos ou ementas das disciplinas e a eficiência energética.....</b>	<b>86</b>
7.2.1 Disciplinas dos cursos de Engenharia Civil que contemplam a eficiência energética .....	87
7.2.2 Proposta de inserção da eficiência energética em disciplinas dos cursos de Engenharia Civil utilizando a Resolução CNE/CES N. 11 .....	89
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>95</b>
<b>8.1 Considerações finais .....</b>	<b>95</b>
<b>8.2 Sugestões para futuras pesquisas .....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE A – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos básicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE B – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos básicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual. ....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE C – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral. .</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE D – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual.....</b>	<b>112</b>

**APÊNDICE E – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos específicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral..... 114**

**APÊNDICE F – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos específicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual. .... 116**

## ***1 INTRODUÇÃO***

---

A crescente consciência da degradação ambiental evidencia as preocupações com a sustentabilidade do ambiente natural. A Engenharia Civil é uma profissão impactante neste cenário e, portanto, uma área fundamental para a incorporação da sustentabilidade na sociedade (CHAU, 2007). Por um lado, o ambiente construído mantém e melhora os padrões de vida da população, por outro, contribui com uma grande parcela de depleção de energias não renováveis, emissões de poluentes, utilização de matérias-primas e geração de resíduos (WANG, 2009). Os poluentes podem ser originários, tanto da energia consumida na fabricação e transporte dos materiais, quanto na fase de operação da edificação (BERGE, 2009).

A eficiência energética nas edificações influencia o desenvolvimento sustentável da humanidade. De acordo com Keeler e Burke (2010), a concepção de projetos eficientes energeticamente deve levar em consideração as seguintes premissas:

- Devem responder ao clima, ou seja, utilizar técnicas passivas para redução do consumo de energia decorrentes do aquecimento de água, calefação e refrigeração;
- Os sistemas de vedação externa devem proporcionar uma separação térmica adequada entre o interior e o exterior da edificação, por meio da estanqueidade do ar, isolamento térmico, eliminação de pontes térmicas, seleção adequada de materiais de acabamento externo da edificação, localização e uso de janelas e utilização de vidros apropriados;
- Possibilidade de controle da ventilação;
- O uso de equipamentos bem dimensionados para fins de refrigeração e calefação, quando existir, e escolha de equipamentos e eletrodomésticos eficientes energeticamente;
- Utilização de energias renováveis para suprir as demandas energéticas restantes da edificação.

Neste contexto, como podemos criar um ambiente construído mais sustentável para dez bilhões de pessoas? Quais as estruturas econômicas, sociais e políticas que nos moverão neste caminho? Como será a formação dos engenheiros que criarão o ambiente construído do século XXI? Segundo Allen et al. (2006), estas são questões que desafiam os educadores de engenharia e são agravadas devido a sustentabilidade ser um processo em constante mudança, ou seja, um projeto sustentável de hoje não será o de amanhã, como afirma Kevern (2011).

Um projeto mais sustentável exige, além da constante atualização dos profissionais, a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas para resolver problemas complexos e interdisciplinares, sendo de extrema importância na criação de novos conhecimentos, tecnologias ou métodos construtivos (CHUNDURI; ZHU; BAYRAKTAR, 2011).

Dessa forma, é necessário orientar os estudantes de Engenharia Civil, com um horizonte mais amplo sobre os conceitos ambientais, econômicos, sociais e tecnológicos, para as tomadas de decisões que levem em consideração as questões de sustentabilidade (CHAU, 2007).

Muitos são os esforços para atentar que a educação centrada na sustentabilidade seja a melhor maneira de trilhar o caminho para um futuro mais sustentável.

A *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) participa desta frente, com as revisões intercalares do estudo *United Nations of Education for Sustainable Development* (2005-2014). Aquele estudo trata da evolução da educação para o desenvolvimento sustentável e a última revisão ocorreu em 2009 (WALS, 2009).

Ademais, a *American Society of Civil Engineers* (ASCE), em publicação denominada *Civil Engineering body of knowledge for the 21st century: Preparing the Civil Engineer for the future* (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2008), ressalta que uma mudança na prática da engenharia deve ocorrer, e para isto, deve-se levar em consideração, entre outros requisitos, a sustentabilidade.

Responsável pelo credenciamento das organizações mais respeitadas nos Estados Unidos, a *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) tem proporcionado a garantia da qualidade do ensino superior. Os critérios para credenciamento dos programas em engenharia desta associação, dentre outros objetivos, visam garantir a qualidade e fomentar a

busca sistemática de melhoria da qualidade do ensino da engenharia, onde a sustentabilidade também está inserida (ENGINEERING ACCREDITATION COMMISSION, 2008).

Por priorizar o exercício das atividades profissionais com base nos preceitos do desenvolvimento sustentável no ambiente natural e construído e da proteção das pessoas, de seus bens e de seus valores, a evolução do ensino da sustentabilidade em cursos de Engenharia Civil pode contar com a colaboração também do Código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia (SÃO PAULO, 2010).

É reconhecido que o curso de graduação em Engenharia Civil possui um currículo com um grande número de disciplinas (ALLENBY et al., 2009). Estas disciplinas, sem a devida integração e interação com outras áreas, podem gerar uma limitação de visão, de maneira que a formação do Engenheiro Civil não proporcione uma consciência mais ampliada das implicações socioambientais de sua profissão (COLOMBO, 2006).

Para Colombo (2006) o Engenheiro Civil por receber uma formação extremamente técnica, pode apresentar deficiências em áreas que são parte de sua atividade profissional cotidiana. Segundo a mesma autora, é necessário que este profissional seja um empreendedor no sentido de assumir papéis de liderança nas comunidades, para buscar e criar espaço no mercado de trabalho e desenvolvê-las sustentavelmente.

No entanto, segundo Allenby et al. (2009), as ideias e competências relacionadas com a sustentabilidade, mesmo que timidamente, estão começando a ser incorporadas por alguns programas de graduação em engenharia. Para os mesmos autores, as Instituições de Ensino estão usando várias estratégias para esta finalidade, inclusive o desenvolvimento e inserção de módulos de engenharia sustentável em disciplinas existentes e, portando, sem expandir a carga horária praticada.

Uma alternativa para a introdução da sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil é por meio dos requisitos das certificações para edificações mais sustentáveis. Um exemplo é o estudo realizado por Kevern (2011) na *University of Missouri* no Kansas, no qual a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) foi aplicada para a introdução de conceitos e tecnologias das edificações sustentáveis em um curso para Engenheiros Cíveis.

O reconhecimento da sustentabilidade como um tema importante para o ensino de engenharia é um consenso, contudo, não tem recebido muita atenção em alguns programas de ensino superior em Engenharia Civil (RUSSEL; STOUFFER, 2005). Esta falta de atenção pode ter sido ocasionada pela dificuldade sobre o que ensinar e como ensinar (WANG, 2009). Apesar de desafiador, as Instituições de Ensino Superior que proporcionarem aos alunos um ensino superior em engenharia voltado para a sustentabilidade, conferirão aos seus egressos e aos seus próprios programas, vantagens competitivas, tornando-se um verdadeiro impulso para estes esforços (BATTERMAN et al., 2011).

Engenheiros de sucesso no século XXI deverão estar bem preparados para enfrentar este novo mundo da engenharia e serem capazes de integrar as informações em diferentes escalas e horizontes de tempo (ALLEN et al., 2006).

## 1.1 Objetivos da pesquisa

O objetivo principal deste estudo é construir um instrumento capaz de avaliar e permitir a inserção da eficiência energética em disciplinas do curso de Engenharia Civil.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Verificar a adequação dos cursos de Engenharia Civil à Resolução CNE/CES N. 11 (BRASIL, 2002)<sup>1</sup> referente as Diretrizes Curriculares Nacionais;
- Realizar uma investigação dos conteúdos contemplados na formação do Engenheiro Civil que envolvem a eficiência energética;
- Identificar em uma amostra de instituições de ensino superior em Engenharia Civil as disciplinas que abordam a eficiência energética;

---

<sup>1</sup> Resolução referente às Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Graduação em Engenharia e que define os fundamentos e procedimentos da formação dos engenheiros. Em capítulo de revisão esta abordada com mais detalhe.

- Mapear em quais tópicos de cada núcleo de conteúdos das Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino de graduação em engenharia pode-se inserir a eficiência energética.

## 1.2 Etapas metodológicas

Para alcançar os objetivos propostos, são realizadas as seguintes etapas metodológicas:

- Delimitação do universo de casos a serem estudados;
- Investigações dos cursos de Engenharia Civil de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais;
- Confeção do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética;
- Verificação de conteúdos envolvendo a eficiência energética;
- Formas de análise dos resultados.

Estas etapas são detalhadamente descritas em capítulo específico sobre a metodologia.

## 1.3 Organização da dissertação

A dissertação está dividida em sete capítulos principais, organizados da seguinte forma:

**Capítulo 1** – Introdução: Apresenta a justificativa e a contextualização do tema da dissertação, os objetivos (principal e específicos) e, resumidamente, a metodologia utilizada no estudo.

**Capítulo 2** – O ensino da engenharia: este capítulo aborda os conceitos gerais sobre a educação para a engenharia no Brasil. O referido capítulo é composto pela abordagem inicial sobre as legislações envolvidas nos cursos de engenharia, as avaliações realizadas nestes cursos e, por fim, faz uma abordagem sobre o perfil desejado do engenheiro.

**Capítulo 3** – Educação para a engenharia mais sustentável: neste capítulo são apresentados aspectos importantes sobre a educação para a engenharia mais sustentável, dividido nos seguintes tópicos: sustentabilidade e desenvolvimento sustentável e o ensino da engenharia para o desenvolvimento sustentável.

**Capítulo 4** – Eficiência energética no ambiente construído: neste capítulo são abordados os temas que influenciam na eficiência energética no ambiente construído, tais como: fontes de energia, matriz energética brasileira, consumo de energia elétrica no ambiente construído. São também apontadas as certificações para edificações mais sustentáveis e os aspectos nelas consideradas nos itens de avaliação da eficiência energética do edifício.

**Capítulo 5** – Metodologia: apresenta o detalhamento metodológico utilizado neste estudo, conforme já apresentado no item 1.2.

**Capítulo 6** – Resultados e discussões: neste capítulo são apresentados os resultados oriundos da análise dos projetos pedagógicos dos cursos e grades curriculares e da aplicação do instrumento de avaliação e inserção da eficiência energética em ementas ou conteúdo programático de disciplinas.

**Capítulo 7** – Considerações finais e sugestões para futuras pesquisas: apresenta as considerações finais do estudo realizado e sugestões para futuras pesquisas envolvendo a eficiência energética no ensino da Engenharia Civil.

## ***2 O ENSINO DA ENGENHARIA***

---

Neste capítulo são apresentadas algumas legislações e avaliações para os cursos de engenharia no Brasil e também considerações sobre o perfil do engenheiro.

### **2.1 Legislações para os cursos de engenharia**

Nas últimas décadas, um dos marcos para cursos de engenharia foi a Resolução N. 48 do Ministério da Educação, que entrou em vigor em 1976. Essa resolução se destacou por ter possibilitado uma nova forma de organização dos cursos em grandes áreas, estabeleceu as áreas de habilitações e definiu os currículos mínimos (CALÇAS, 2009).

De acordo com Cordeiro et al. (2008), essa resolução teve um caráter extremamente avançado para a época e estabeleceu a inclusão de temas e tópicos nos currículos para melhoraria na formação do engenheiro. Contudo, de acordo com o mesmo autor, devido ao entendimento inadequado de alguns princípios desta resolução, os cursos de engenharia passaram a reformular seus currículos prevendo uma carga horária bem superior à estabelecida. No entanto, isso não garantiu a qualidade da formação almejada.

Posteriormente, a promulgação da Lei N. 9.394, em 1996, que estabeleceu a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 2010a), possibilitou a renovação do sistema educacional brasileiro em sua totalidade.

De acordo com essa lei ocorreram algumas mudanças em relação à Resolução N. 48 de 1976, das quais podem ser citadas:

Art. 9 - VIII – assegurar processo nacional de avaliação das instituições de educação superior, com a cooperação dos sistemas que tiverem responsabilidade sobre este nível de ensino;

Art. 43 - VI – estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade;

Art. 53 - II - fixar os currículos dos seus cursos e programas, observadas as diretrizes gerais pertinentes (BRASIL, 2010a, p. 12, 35, 40).

De acordo com o artigo 53 da LDB (BRASIL, 2010a), ficou prescrito que as diretrizes gerais deveriam ser criadas posteriormente, vislumbrando fixar os currículos e programas dos cursos de engenharia.

Em meio a discussões entre Instituições de Ensino Superior do país em relação às Diretrizes Curriculares propostas pela Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (Abenge), originaram a resolução CNE/CES N. 11 (BRASIL, 2002), do Conselho Nacional de Educação (CNE) e da Câmara de Educação Superior (CES) do Ministério da Educação. Esta última estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais, objetivando a introdução de novos conceitos e princípios relacionados com a elaboração do projeto curricular dos cursos de engenharia.

As Diretrizes Curriculares Nacionais estabeleceram uma base fundamental para o desenvolvimento de uma abordagem pedagógica moderna e sólida que vinha de encontro à abordagem existente, assumindo os seguintes propósitos (CORDEIRO; QUEIRÓS; BORGES, 2010):

- O ensino de graduação tem como objetivo principal o aprendizado;
- O enfoque do curso de graduação é o desenvolvimento nos alunos de competências, habilidades e iniciativas;
- Os sistemas nacionais de avaliação dos cursos indicam os resultados alcançados pelo aluno ao longo do curso e conseqüentemente a competência do profissional e que o mesmo atingiu o perfil desejado.

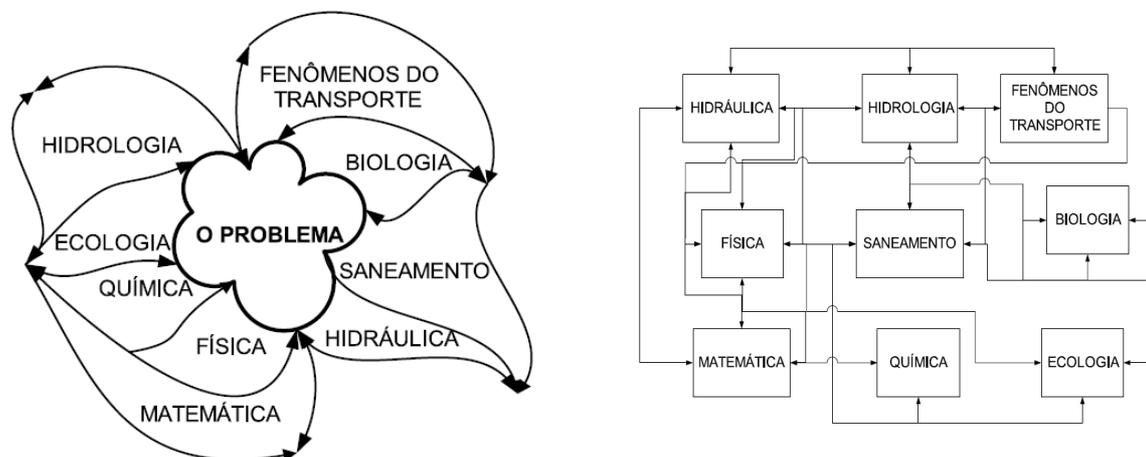
De acordo com o artigo 2 das Diretrizes Curriculares Nacionais:

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Graduação em Engenharia definem os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, para aplicação em âmbito nacional na organização, desenvolvimento e avaliação dos projetos pedagógicos dos Cursos de Graduação em Engenharia das Instituições do Sistema de Ensino Superior (BRASIL, 2002, p. 1).

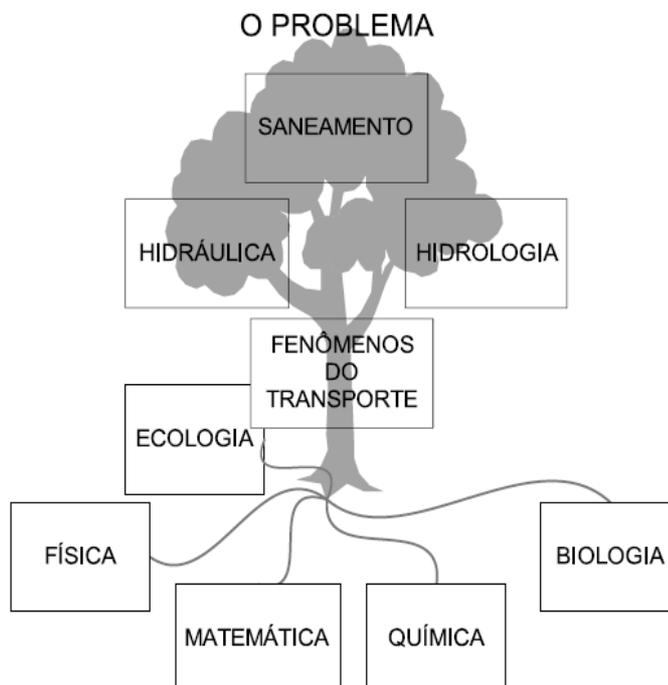
As Diretrizes Curriculares Nacionais buscam a mudança na base filosófica do curso de engenharia, com enfoque, entre outros aspectos, na competência e no entendimento multidisciplinar do conhecimento (TONINI; PINTO, 2008). Para tal, de acordo com Moruzzi e Moruzzi (2010) a transversalidade na educação tem sido um princípio utilizado em propostas pedagógicas que procuram a multidimensionalidade da formação humana.

A transversalidade na educação, de acordo com a mesma autora, pode ser representada pelo conceito rizomático do conhecimento, pois prioriza a comunicação entre as disciplinas e articulação entre saberes. Outro conceito não menos comum de ser encontrado em propostas pedagógicas, e que vem de encontro ao princípio da transversalidade na educação, é o conceito arbóreo de conhecimento. Esse é caracterizado pela utilização de disciplinas fechadas, sem comunicação e hierarquizadas.

As figuras 1 e 2 representam os dois conceitos citados para disciplinas do curso de graduação em Engenharia Ambiental.



**Figura 1** - Conceito transversal ou rizomático do conhecimento.  
Fonte: MORUZZI; MORUZZI, 2010, p. 25.



**Figura 2** - Conceito arbóreo de conhecimento.  
 Fonte: MORUZZI; MORUZZI, 2010, p. 25.

De acordo com Deleuze e Guatarri, (1995<sup>2</sup> *apud* MORUZZI; MORUZZI, 2010, p. 23) o conceito rizomático do conhecimento, apresentado na figura 1, fundamenta as características necessárias para a transversalidade na educação, de acordo com os seguintes tópicos:

- **Conexão e heterogeneidade:** qualquer ponto de um rizoma pode ser ou estar conectado a qualquer outro, enfatizando a ineficácia de uma única disciplina para resolver problemas de uma área multidisciplinar. Assim, os conteúdos não se sobrepõem uns aos outros, ou seja, não estabelece formas hierárquicas e arbóreas do conhecimento.
- **Multiplicidade:** resulta que a compreensão de um determinado assunto sempre se dá no âmbito da multiplicidade e que, portanto, nunca se pode transformar o múltiplo em uno.

<sup>2</sup> DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **Mil platôs:** capitalismo e esquizofrenia. Trad. de Aurélio Guerra Neto e Celia Pinto Costa. Rio de Janeiro: Editora 34, 1995. v. 1.

- **Ruptura a-significante:** o rizoma não comporta qualquer processo de significação, de hierarquização, sempre sujeito às linhas de fuga que apontam para novas e insuspeitas direções. Pode-se dizer que é visto como um mapa, mas é sempre um rascunho, ou seja, uma cartografia a ser traçada sempre novamente e a cada instante. De acordo com Moruzzi e Moruzzi (2010), em temas que envolvem os profissionais da engenharia, como a área ambiental, é preciso sempre fazer novas explorações e articulações com os mais diversos conhecimentos, pois o mundo está em um momento de incerteza e constante transformação, principalmente em relação ao meio ambiente.
- **Cartografia e da decalcomania:** o rizoma pode ser mapeado, cartografado, e possui múltiplas entradas. Dessa forma, o rizoma pode ser acessado de infinitos pontos, do qual se pode remeter a quaisquer outros em seu território.

A implantação das Diretrizes Curriculares Nacionais nos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia tem ocasionado certa resistência de muitos professores para mudar suas velhas práticas de ensinar. Esta resistência é resultante mais por falhas na sua formação como educador, do que pela disposição em inovar em suas atividades docentes (CORDEIRO et al., 2008).

A necessidade de se ter uma reformulação curricular nos cursos de engenharia, obtidos por meio das Diretrizes Curriculares Nacionais, foi impulsionada pela necessidade de maior autonomia universitária e flexibilidade curricular, que resultariam em currículos que atendessem às necessidades atuais da sociedade (LAUDARES; PAIXÃO; VIGGIANO, 2008).

Para Augustin (2005<sup>3</sup> *apud* TONINI; PINTO, 2008) existem duas tipologias de flexibilização curricular: a horizontal e a vertical.

A **flexibilização horizontal** visa o aproveitamento de várias atividades acadêmicas, como monitorias, iniciação científica, visitas técnicas, dentre outras, pelo aluno, para a integralização curricular.

---

<sup>3</sup> AUGUSTIN, C. H. R. R. et al. **Pré-proposta de flexibilização curricular na UFMG**. Pró-Reitoria de Graduação – UFMG. 2005. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/prograd/flex>>. Acesso em: dez. 2005.

A **flexibilização vertical** objetiva organização do conhecimento no decorrer de semestres e de anos, e possui três divisões: o núcleo específico, a formação complementar e a formação livre. O núcleo específico procura estabelecer o conhecimento de uma área de atuação profissional; a formação complementar deve propiciar uma adequação do conhecimento específico a outro que o complemente; e a formação livre possibilita o aluno ampliar sua formação em qualquer campo do conhecimento. O núcleo de conteúdos básicos, profissionalizantes e específicos caracterizam a flexibilização vertical expressa nas Diretrizes Curriculares Nacionais.

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais, os currículos de engenharia, independente de sua modalidade, devem ser subdivididos em núcleos de conteúdos básicos, profissionalizantes e específicos. Os tópicos do primeiro núcleo abrangem cerca de 30% da carga horária mínima do curso, do segundo 15% e do terceiro poderá abranger até 55% da carga horária mínima.

A seguir apresentam-se alguns tópicos que abrangem os três núcleos de conteúdos para a modalidade do curso de Engenharia Civil (SERRA; CORDEIRO, 2006).

- **Núcleo de conteúdos básicos:** objetiva expor o aluno aos conhecimentos gerais da engenharia e suas ciências básicas (física, química, matemática), acrescido de conhecimentos de informática, administração, expressão gráfica, ciências do ambiente, ciências sociais e cidadania, etc.
- **Núcleo de conteúdos profissionalizantes:** aborda um subconjunto coerente de tópicos, onde alguns podem ser específicos dos cursos de Engenharia Civil e outros não. Como exemplos de tópicos que abrangem áreas de conhecimento específico da Engenharia Civil, citam-se: construção civil; hidráulica, hidrologia aplicada e saneamento básico; materiais de construção civil; sistemas estruturais e teoria das estruturas; geotecnia; topografia e geodésia; transporte e logística. Outros tópicos deste núcleo possuem relação com a Engenharia Civil e com outras áreas profissionais, como: geoprocessamento; gestão ambiental; gerência de produção; gestão econômica; qualidade.
- **Núcleo de conteúdos específicos:** contemplam temáticas derivadas dos tópicos do núcleo de conteúdo profissionalizante, e também de outros

conteúdos designados a caracterizar as modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes.

Em relação à carga horária mínima dos cursos de engenharia, de acordo com Tonini (2007), em 1976 a Resolução N. 48 estabeleceu um mínimo de 3600 horas. Já com a promulgação das Diretrizes Curriculares Nacionais em 2002, essa carga horária mínima deixou de ser fixa. Entretanto, em 2007 a Resolução CNE/CSE N. 2 (BRASIL, 2007), retornou a fixar o mínimo de 3600 horas e estabeleceu no máximo 20% desta carga horária para as atividades complementares e estágios, assim como, um limite mínimo para integralização dos cursos de engenharia em cinco anos.

As Diretrizes Curriculares Nacionais ainda fixam a carga horária mínima de cento e sessenta horas de estágio curricular obrigatório e trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que pelo menos um desses deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação.

## **2.2 Avaliações dos cursos de engenharia**

O Programa de Avaliação das Universidades Brasileiras (Paiub), iniciado em 1993, foi o marco inicial do sistema formal de avaliação do ensino superior no Brasil (CORDEIRO et al., 2008).

Com o intuito de consolidar as prescrições da LDB (BRASIL, 2010a), foi instituído em 2004 pela Lei N. 10.861 (BRASIL, 2004), o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), que objetiva a avaliação das Instituições de Ensino Superior, dos cursos e o desempenho dos estudantes.

De acordo com Brito (2010), este sistema prima para que a avaliação de desempenho dos estudantes busque considerar o quanto a Instituição de Ensino Superior adiciona na formação do aluno ao longo do curso.

O desempenho dos estudantes de cursos superiores é avaliado pela prova do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), sendo um componente curricular obrigatório aos cursos de graduação, com aplicação periódica aos estudantes concluintes de todos os cursos de graduação (BRASIL, 2004).

O nível de desempenho dos estudantes aferido pelo ENADE possui cinco conceitos que variam de 1 a 5, sendo que o número 1 indica o desempenho mais baixo no contexto onde o aluno está inserido e o 5 indica o melhor desempenho. Ressalta-se que a partir de 2008 o ENADE passou a considerar em seu cálculo apenas o desempenho dos alunos concluintes dos cursos avaliados (BRITO; VENDRAMINI, 2010; INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2010).

De acordo com o parágrafo 1 do artigo 5 da Lei N. 10.861:

O ENADE aferirá o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do respectivo curso de graduação, suas habilidades para ajustamento às exigências decorrentes da evolução do conhecimento e suas competências para compreender temas exteriores ao âmbito específico de sua profissão, ligados à realidade brasileira e mundial e a outras áreas do conhecimento (BRASIL, 2004, p. 3).

Em 2005, de acordo com Brito (2010), o ENADE foi aplicado pela primeira vez nas diversas modalidades de engenharias, totalizando 384.850 estudantes entre os cursos de engenharias e licenciaturas. Em razão do grande número de modalidades de engenharias, a mesma autora ressalta que surgiu a necessidade de dividir estas modalidades em oito grupos, descritas a seguir:

- **Engenharia Grupo I:** Engenharia Civil, Engenharia Geológica, Engenharia de Agrimensura, Engenharia Cartográfica, Engenharia de Construção, Engenharia de Recursos Hídricos e Engenharia Sanitária, além de 34 estudantes do curso de Infra Estrutura Aeronáutica, considerado como curso de Engenharia Civil que, a partir de 2008, passou a ser denominado Curso de Engenharia Civil Aeronáutica.

- **Engenharia Grupo II:** Engenharia Elétrica, Engenharia Industrial Elétrica, Engenharia Eletrotécnica, Engenharia de Computação, Engenharia de Comunicações, Engenharia de Redes de Comunicação, Engenharia Eletrônica, Engenharia Mecatrônica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Telecomunicações.
- **Engenharia Grupo III:** Engenharia Mecânica, Engenharia Industrial Mecânica, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Aeronáutica, Engenharia Automotiva e Engenharia Naval.
- **Engenharia Grupo IV:** Engenharia Química, Engenharia Industrial Química, Engenharia Bioquímica, Engenharia de Biotecnologia, Engenharia de Alimentos e Engenharia Têxtil.
- **Engenharia Grupo V:** Engenharia de Materiais geral (sem ênfase), Engenharia de Materiais com ênfase em Materiais Metálicos, Engenharia de Materiais com ênfase em Materiais Cerâmicos, Engenharia de Materiais Cerâmica, Engenharia de Materiais com ênfase em Materiais Poliméricos, Engenharia de Materiais Plásticos, Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Fundição e Engenharia Física.
- **Engenharia Grupo VI:** Engenharia de Produção, Engenharia de Produção Civil, Engenharia de Produção de Materiais, Engenharia de Produção Elétrica, Engenharia de Produção Mecânica, Engenharia de Produção Química e Engenharia de Produção Têxtil.
- **Engenharia Grupo VII:** Engenharia (Instituições de Ensino Superior que adotam curso básico (ingressantes) e denominações de Engenharia), Engenharia Ambiental, Engenharia de Minas, Engenharia de Petróleo e Engenharia Industrial Madeireira.
- **Engenharia Grupo VIII:** Engenharia Agrícola, Engenharia Florestal e Engenharia de Pesca.

Assim, as Diretrizes Curriculares Nacionais permitiram uma maior articulação entre as competências e habilidade dos alunos, e também sobre a forma de avaliação e as estratégias de ensino e aprendizado. Nesse contexto, as avaliações dos cursos de engenharia devem

demonstrar se o aluno atingiu efetivamente as competências, habilidades e atitudes que definem o perfil estabelecido no projeto pedagógico (CORDEIRO; QUEIRÓS; BORGES, 2010).

A afirmativa de Cordeiro, Queirós e Borges (2010) é expressa em termos de lei no parágrafo 4 do artigo 5 da Lei N. 10.861:

A aplicação do ENADE será acompanhada de instrumento destinado a levantar o perfil dos estudantes, relevante para a compreensão de seus resultados (BRASIL, 2004, p. 3).

### **2.3 O perfil do engenheiro**

A atuação dos engenheiros se insere em um contexto social e econômico, que vem sofrendo mudanças desde a criação dos primeiros cursos de engenharia no final do século XVIII. Em decorrência dessas mudanças, novas questões passaram a afetar esta atuação, como as relacionadas aos impactos ambientais e sociais das atividades desse profissional (SILVEIRA, 2005), e que devem ser levadas em consideração pelos cursos de engenharia na definição do perfil do engenheiro a ser formado pela instituição.

O perfil do engenheiro é definido pelo artigo 3 das Diretrizes Curriculares Nacionais como:

O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002, p. 1).

Para a garantia do perfil desejado do egresso de um curso de engenharia é necessário que o projeto pedagógico desta instituição demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas alcançará este perfil (BRASIL, 2002).

Para Tonini e Pinto (2008) os projetos pedagógicos das engenharias devem considerar as diferenças de valores, conhecimentos, interesses, crenças, pois estas marcas estarão presentes na elaboração de seu texto. Ainda para os mesmos autores, deve ser considerado em sua estruturação o processo de conhecimento, a comunidade acadêmica e a sociedade, visando à emancipação humana, pois ao ser pensado, discutido e aceito pela comunidade acadêmica, o projeto pedagógico vai definir as ações para coordenar as atividades do curso, de modo a atingir os objetivos traçados para seus egressos.

Timm, Schnaid e Costa (2004, p. 2) definem o perfil necessário para os estudantes que escolhem a engenharia como carreira profissional:

No que se refere à natureza individual dos que exercem a Engenharia, considerou-se plausível supor que os indivíduos que escolhem a profissão de engenheiro sejam curiosos, tenham espírito prático aguçado e possuam um tipo de criatividade direcionada a operações envolvendo manuseio de artefatos tecnológicos de variadas complexidades, possuindo uma espécie de impulso natural (inato) à identificação (e encaminhamento das respectivas soluções) de problemas de ordem prática, apresentados pelas necessidades da interação com o meio ambiente. Problemas, portanto, que sejam exigentes de soluções complexas e multidisciplinares, que serão equacionadas através da disciplina mental compatível com a metodologia científica, exigente de alta capacidade de abstração, com resultados validados no âmbito do conhecimento estruturado, dentro dos limites da ciência e da verificação empírica. Descrições desse tipo não excluem nenhuma outra característica pessoal, relacionada com a afetividade, a expressão artística ou a responsabilidade social e ambiental, como pode ter sido fixado no estereotipo cultural e mesmo educacional dos engenheiros.

Embora as características mais relevantes e predominantes no perfil de um engenheiro sejam a capacitação técnica e a racionalidade, resultando em pontos de vista rígidos e na inibição por parte dos profissionais ao diálogo e à crítica aos seus produtos que são disponibilizados à sociedade (LORENZINI, 2008), devem estar presentes em sua

formação, temáticas relacionadas com os três eixos da sustentabilidade, seja social, ambiental ou econômico.

Para isso, as Instituições de Ensino Superior devem levar em consideração na formação dos engenheiros, as necessidades da sociedade, a fim de graduar profissionais críticos e conscientes de suas responsabilidades. Assim, as novas formas de integralização curricular, permitidas pela flexibilização em decorrência das Diretrizes Curriculares Nacionais contribuirão para a formação de engenheiros com as competências e habilidades atuais requeridas pela sociedade (TONINI; PINTO, 2008).

A partir dessa oportunidade de flexibilização é que as Instituições de Ensino Superior têm a possibilidade de definir o(s) perfil(s) do aluno a ser formado, por meio do delineamento e alcance dos objetivos propostos no projeto pedagógico do curso de engenharia.

Para Cordeiro, Queirós e Borges (2010), dos engenheiros do século XXI exige-se muito menos domínio do conteúdo de suas áreas de atuação e muito mais capacidade de: resolver problemas, tomar decisões, trabalhar em equipe e se comunicar. Isso é o que se entende por uma abordagem baseada na competência, formando na graduação profissionais capazes de enfrentar os desafios que o cenário atual a eles impõe e que, portanto, têm na sua natureza intrínseca de profissionais competentes as características de serem: flexíveis, adaptáveis, criativos e críticos.

Laudares, Paixão e Viggiano (2008) ressaltam que existem dois perfis profissionais do engenheiro: o primeiro estaria ligado à concepção, à abstração, à pesquisa e às atividades de direção, supervisão e ensino de engenharia e, portanto, seria chamado de engenheiro de concepção; o segundo, o engenheiro industrial, é um profissional que estabelece a ligação da do projeto à produção, ou seja, um engenheiro gestor capaz a desempenhar as atividades do setor produtivo.

De acordo com Silveira (2005), após definido o perfil do aluno almejado pela Instituições de Ensino Superior, deve-se organizar o projeto pedagógico de acordo com as seguintes características:

- Cadenciamento no tempo: trimestrais, semestrais, anuais ou mistos;
- Tipo de grade curricular: sequencial seriada, ciclos, módulos, matricial, além de diversos tipos intermediários;

- Escolha das atividades pedagógicas possíveis;
- Nível de obrigatoriedade das atividades pedagógicas escolhidas.

As atividades pedagógicas, de acordo com o mesmo autor, podem ser divididas em:

- Obrigatória para todos os alunos;
- Optativas ou eletivas, ou seja, o aluno escolhe certo número dentro de um grupo de opções que desenha a habilitação, ou ênfase, ou especialidade.

O mesmo autor ainda ressalta que a maior flexibilidade do curso corresponde a um maior número de opções, o que inclui poder transitar entre perfis de formação diferentes ou a uma maior carga horária atribuída a atividades eletivas ou optativas.

### **3 EDUCAÇÃO PARA A ENGENHARIA MAIS SUSTENTÁVEL**

---

Neste capítulo são apresentados aspectos importantes sobre a educação para a engenharia mais sustentável, distribuídos em dois tópicos principais: os conceitos envolvidos na sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável e o ensino da engenharia para o desenvolvimento sustentável.

#### **3.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**

Os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável foram popularizados pelo Relatório de *Brundtland* em 1987 (BRUNDTLAND, 1987).

A sustentabilidade foi empregada com a intenção de buscar o equilíbrio e reduzir os conflitos entre dois temas importantes na época: o crescimento econômico, especialmente nos países em desenvolvimento e as opiniões de ambientalistas que buscavam preservar a natureza (ALLENBY et al., 2009). Já para o desenvolvimento sustentável, a preocupação é a disponibilidade de recursos não renováveis para as futuras gerações, sendo que para isto é imprescindível que as gerações atuais satisfaçam suas necessidades sem comprometer as das gerações futuras (BRUNDTLAND, 1987).

Assim, a sustentabilidade é entendida como um ponto de equilíbrio. Já o desenvolvimento sustentável é o caminho a ser seguido pela humanidade para ser mais sustentável em suas atividades (YUBA, 2005). O equilíbrio deve considerar os fatores sociais, ambientais, econômicos e tecnológicos. Estes devem ser vistos como conceitos interdependentes e complementares, onde a competitividade econômica e a sustentabilidade ambiental são aspectos complementares de um objetivo comum, ou seja, de melhorar a qualidade de vida da humanidade (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2011a).

A evolução do conceito de desenvolvimento sustentável ocorreu a partir de uma série de conferências das Nações Unidas, tendo como uma das referências a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em

1992. Esta conferência deixou como referência principal, a Agenda 21 (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO, 1992), que determina os princípios gerais de sustentabilidade e recomenda aos países o desenvolvimento de indicadores para desenvolvimento sustentável.

A busca pelo desenvolvimento sustentável da sociedade é missão de várias organizações espalhadas pelo mundo.

Pode-se citar, por exemplo, o *International Institute for Sustainable Development* (2011) no Canadá, que é um instituto de pesquisa que visa demonstrar como a criação humana pode ser aplicada para melhorar o bem estar da sociedade, do meio ambiente e da economia. Ou ainda, no Brasil, o Instituto ETHOS de Empresas e Responsabilidade Social (2011), que é uma organização sem fins lucrativos, que busca a mobilização de empresas para realizar a gestão socialmente responsável, auxiliando assim, na construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

O desenvolvimento sustentável, segundo o Código de Ética da ASCE (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2011b) é definido como um processo de aplicação humana e econômica dos recursos naturais para majorar a segurança, bem estar e qualidade de vida da sociedade, mantendo a disponibilidade dos recursos naturais restantes para as gerações futuras.

Nesse sentido, a indústria da construção civil assume um importante papel, pois contribui para a melhoria da qualidade de vida da sociedade, por meio da habitação, infraestrutura, empregos, dentre outros. Mas, por outro lado, a indústria da construção civil pode esgotar os recursos naturais, degradar a natureza e prejudicar a saúde humana com o uso de materiais de construção perigosos. Assim, seguindo os preceitos da sustentabilidade, os países devem incentivar as indústrias a usarem materiais de construção nativos, tecnologias e projetos eficientes energeticamente, uso da mão de obra local, para gerar empregos e auxiliar na competitividade (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO, 1992).

Para Kelly (2008) a sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável apresentou grande imprecisão conceitual no decorrer dos anos, em parte, fruto de interpretações e aplicações distintas destes conceitos por profissionais em diversas áreas, como sociologia, engenharia etc. Contudo, independente da área, estas duas temáticas devem estar relacionadas

ao bem comum. Anos atrás, segundo a mesma autora, a tecnologia era vista incondicionalmente como algo bom, hoje, em muitos casos, devido às consequências do desenvolvimento insustentável da humanidade, é vista como a causa dos problemas ambientais.

Por esta razão, os Engenheiros Civis necessitam estar bem preparados para trabalhar com essa nova realidade em sua prática profissional.

### **3.2 Ensino da engenharia para o desenvolvimento sustentável – vários estudos e pesquisas**

Devido à problemática mundial existente em relação ao aquecimento global, degradação ambiental e consumo de recursos naturais, dentre outros, os profissionais da Engenharia Civil revisam as consequências do desempenho de sua carreira.

Tradicionalmente, a função dos engenheiros era a análise instrumental, para a criação de soluções projetuais, de construção, operação e gerenciamento dos componentes tecnológicos (ALLENBY et al. 2009). Todavia, com o crescente interesse e necessidade de se ter uma engenharia mais sustentável, segundo Chau (2007), os Engenheiros Civis necessitam encontrar soluções projetuais viáveis, acessíveis e levando em consideração as aspirações da sociedade, contribuindo para o crescimento econômico, proteção ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população. Para tal, segundo o mesmo autor, as soluções devem procurar um equilíbrio em termos econômicos, sociais e ambientais e serem aceitáveis em relação às normatizações vigentes.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de incorporar conceitos e princípios de sustentabilidade na educação dos graduandos em Engenharia Civil.

Como primeiro passo, uma mudança de paradigma do ensino da Engenharia Civil é necessária, para que a humanidade caminhe com êxito para um futuro mais sustentável (CHAU, 2007). Esta mudança de paradigma pode ser realizada pelo enfoque da sustentabilidade na formação dos futuros graduados, por meio das disciplinas tradicionais da engenharia, como afirma Kevern (2011). Segundo o mesmo autor, embora as disciplinas

básicas necessariamente devam permanecer nos currículos dos cursos de Engenharia Civil, a elas devem ser incorporadas novas tecnologias relativamente inexperientes em metodologias de projeto tradicionais, buscando projetos mais sustentáveis. A busca por projetos mais sustentáveis são agravadas, pois a sustentabilidade é um processo em constante mudança e, conseqüentemente, o projeto sustentável do passado não será o do futuro.

Para Kevern (2011) um projeto sustentável abrange todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, desde o planejamento ou pré-projeto, até a reabilitação e reposição da edificação. A melhor decisão para uma etapa de projeto pode não ser a melhor para outro e dependendo do projeto e de sua localização, as importâncias vão alternar entre os impactos econômicos, ambientais e sociais. Infelizmente, segundo o mesmo autor, este novo padrão da construção pode significar algo desconfortável para os Engenheiros Civis, por necessitar de maior flexibilidade, avaliação de novas tecnologias, realização de trabalhos com profissionais de outras áreas, e voltar a serem engenhosos e pensantes.

Ressalta-se, que as exigências para os profissionais de engenharia estão mudando mais rapidamente em relação à adaptação das Instituições de Ensino Superior a esse novo paradigma na construção. Embora, muitas Instituições de Ensino Superior estejam começando a oferecer cursos relacionados com a sustentabilidade, não existe ainda um consenso geral sobre o que constitui a sustentabilidade e como eficazmente integrá-la nos currículos atuais da engenharia (WANG, 2009; KEVERN, 2011).

Os currículos são muitas vezes descritos pelos educadores da engenharia como uma metáfora a uma caixa de ferramentas, fazendo com que os alunos sejam meramente usuários destas ferramentas. Todavia, se esta caixa for limitada, os projetos criados podem ser ineficazes e causarem maiores impactos na natureza. Assim, para resolver satisfatoriamente problemas mais complexos, como nos projetos sustentáveis, o ensino da Engenharia Civil necessita da ampliação das ferramentas desta caixa (ALLEN, 2006).

Segundo Chau (2007) há uma necessidade urgente em instruir os estudantes de engenharia com meios para projetar e colocar em prática as soluções necessárias, envolvendo os conceitos de sustentabilidade. Para isto, de acordo com o mesmo autor, deve-se abordar nos currículos uma base mais ampla de conhecimento nas ciências sociais, políticas e da vida, nas ciências físicas e matemáticas, além da abordagem multidisciplinar das competências, pois são elementos chave para o conhecimento relevante da sustentabilidade.

A abordagem multidisciplinar permite que os alunos adquiram informações sobre as técnicas, filosofias e conhecimentos de mais de uma disciplina. Uma vez que os Engenheiros Cívicos, muitas vezes precisam trabalhar em equipes interdisciplinares, este tipo de conhecimento, segundo Chau (2007), é fundamental para a otimização de suas contribuições com outros profissionais como: arquitetos, construtores, engenheiros de outras áreas.

Assim, a educação universitária necessita de uma reorientação radical, a fim de possibilitar que uma nova geração de profissionais possa, de forma mais eficaz e positivamente, enfrentar a transição para uma sociedade mais sustentável e agir no sentido de influenciá-la (CHAU, 2007; RUSSELL; STOUFFER, 2005).

Algumas iniciativas para alavancar esta reorientação no ensino para a engenharia voltada para a sustentabilidade já estão em andamento em muitos países.

Em 1996, segundo Kelly (2008), a ASCE atualizou seu código de ética para incluir instruções específicas sobre o desenvolvimento sustentável, representada pela Política de número 418.

O *Center for Sustainable Engineering* (CSE) vem explorando em Instituições de Ensino Superiores americanas as temáticas relativas à sustentabilidade na engenharia em áreas práticas e acadêmicas. Na área acadêmica o CSE direciona suas pesquisas no desenvolvimento de módulos de engenharia sustentável que possam ser inseridos em disciplinas existentes. Isso se deve ao fato, segundo Allenby et al. (2009), dos currículos dos cursos de engenharia estarem completos, não havendo mais espaço para disciplinas complementares.

Em pesquisa realizada por Desha e Hargroves (2010) foram identificadas barreiras para alavancar a renovação curricular dos cursos de engenharia na educação centrada na eficiência energética. Dos professores pesquisados, 58% consideram a possibilidade de sobrecarga de conteúdo do curso como um desafio para a renovação curricular para integrar mais conhecimentos e habilidades sobre a eficiência energética e mais da metade considerou não ter tempo suficiente para preparar novos materiais para integrar essa temática nas disciplinas. Para 13% dos entrevistados a barreira para a renovação curricular é devido à falta de apoio pela Instituição de Ensino Superior ou colegas de trabalho. Comentários adicionais por parte dos entrevistados, também indicaram que os conteúdos relacionados com a

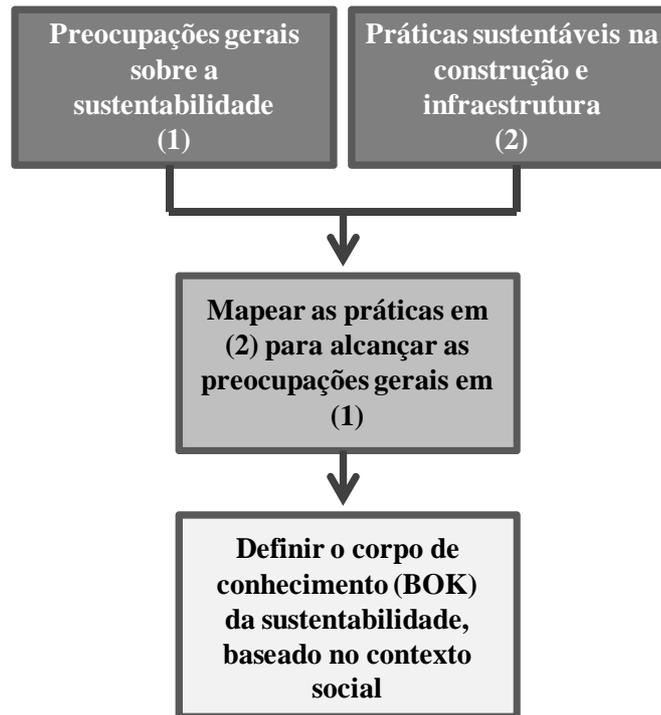
eficiência energética é percebido como um adicional ao conteúdo do curso, ao invés de ser visto como uma atualização dos conteúdos das disciplinas existentes.

Um estudo sobre a abordagem da sustentabilidade no currículo de Engenharia Civil em *Hong Kong* sugere que competências multidisciplinares desenvolvidas durante o processo de aprendizagem dos alunos, podem contribuir para o conhecimento sobre a sustentabilidade (CHAU, 2007). Outro estudo realizado em Instituição de Ensino Superior canadenses, com o objetivo de investigar as possibilidades educacionais por meio da avaliação ambiental e testar um modelo para a análise do estado de tal educação, revelou que o número de Instituição de Ensino Superior que oferecem cursos de avaliação ambiental triplicou para 40, desde meados da década de 1980 (STELMACK; SINCLAIR; FITZPATRICK, 2005). Embora, este seja um resultado positivo, a maior parte dos cursos oferecidos é embasada na forma de pesquisa orientada para a introdução ambiental, com poucas oportunidades para especialização na área.

Muitas Instituições de Ensino Superior passaram a incorporar a sustentabilidade nos currículos tradicionais de graduação. Como exemplo, a *Arizona State University* fundou em 2007 a primeira *School of Sustainability*, que possui os cursos bacharelado em ciências e artes. Estes cursos possuem um abrangente programa com um foco interdisciplinar e na busca de soluções reais para os desafios ambientais, econômicos e sociais (ARIZONA STATE UNIVERSITY, 2011).

Instituição de Ensino Superior européias, em sua maioria, iniciaram um plano estratégico, para a implantação de ações em vários cursos para fazer avançar a sustentabilidade em cursos universitários. Colaborações internacionais entre Instituição de Ensino Superior também foram encontradas para promover um comum âmbito acadêmico sobre o ensino da sustentabilidade (GELI DE CIURANA; LEAL FILHO, 2006).

Wang (2009) realizou um estudo denominado *Sustainability in Construction Education*, onde o mesmo discutiu o processo de planejamento e aplicação de um curso relacionado com a sustentabilidade do programa *Construction Engineering and Management* no departamento de Engenharia Civil na *Lawrence Tech University*. Para o planejamento deste curso, o mesmo autor, utilizou um processo de identificação das áreas de conhecimento da sustentabilidade, apresentado na figura 3.



**Figura 3** - Processo de identificação do corpo de conhecimento sobre a sustentabilidade.  
Fonte: Adaptado de WANG, 2009.

Para compor o conhecimento sobre a sustentabilidade, os mesmos autores investigaram as dimensões gerais de sustentabilidade (1) e as práticas sustentáveis na indústria da construção (2). As práticas na indústria da construção foram mapeadas para satisfazer as preocupações gerais. Posteriormente, os temas escolhidos para a sustentabilidade foram aprimorados com embasamento no contexto social.

O estudo do estilo de aprendizagem de alunos, em um contexto de equipe multidisciplinar, enfocando a temática da construção mais sustentável, foi realizado por Chunduri, Zhu e Bayraktar (2011). Estes autores realizaram um estudo em dois grupos de alunos, sendo que um grupo aprendeu os conceitos através de um método convencional e o outro grupo recebeu conceitos personalizados de acordo com seus estilos de aprendizagem. Os resultados indicam que, em geral, o grupo que recebeu o material de estudo personalizado, conforme o seu estilo de aprendizagem apresentou melhoria significativa no aprendizado, se comparado ao grupo que aprendeu os conceitos através de materiais convencionais.

A percepção da sustentabilidade ambiental por alunos de engenharia, foi estudado por Dvorak et al. (2011) por meio de um curso intensivo na *University of Nebraska* e estágio em empresas. A pesquisa constituiu-se na avaliação por meio de um questionário em um grupo

de alunos que realizaram o curso e um grupo de alunos controle, ou seja, que não realizaram o curso. O autor verificou que os alunos que realizaram o curso foram mais propensos a aplicar os princípios de redução do consumo de recursos naturais, produtos etc, no desempenho das atividades profissional e mais capacitado na quantificação dos impactos nas atividades exercidas do que os alunos controle. Assim, os resultados sugerem que a exposição a um curso intensivo de sustentabilidade, pode ter em longo prazo, um impacto positivo sobre o comportamento no desempenho das atividades profissionais.

A *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) (ENGINEERING ACCREDITATION COMMISSION, 2008), órgão responsável pela avaliação de cursos de graduação nos Estados Unidos, possui uma listagem de requisitos que se alinham com os conceitos atuais de sustentabilidade para os Engenheiros Civis, sendo os principais: a habilidade para projetar um sistema, componente ou processo que atendam às necessidades de sustentabilidade econômicas, ambientais, sociais, políticas, de saúde, ética e segurança; a habilidade para atuação em equipes multidisciplinares; a compreensão da responsabilidade profissional e ética; a educação ampla, necessária para compreender o impacto das soluções de engenharia em um contexto global, econômico, ambiental e social; e, a capacidade de utilizar técnicas, habilidades e ferramentas modernas de engenharia necessárias para a prática de engenharia. Neste contexto, Kelly (2008) em seu estudo denominado *General Education for Civil Engineers: Sustainable Development* analisou os requisitos da nova ABET e delineou as oportunidades desta avaliação para desenvolvimento da sustentabilidade no ensino da Engenharia Civil.

Na busca do entendimento do significado da sustentabilidade para os profissionais da engenharia, muitos estudiosos, como Kevern (2011), tendem a adaptar estudo de outras áreas para otimizar esse entendimento. Assim, esse autor, a partir da adaptação de Anastas e Zimmerman (2003) para a o curso de Engenharia Ambiental, descreve oito princípios para a Engenharia Civil mais sustentável:

- **Fique esperto** – Os Engenheiros Civis do passado executavam todas as atividades necessárias para a realização de um projeto. Atualmente, os engenheiros tornaram-se especialistas e perderam a percepção e compreensão de como as suas decisões causam impacto no projeto como um todo. Dessa forma, as tecnologias sustentáveis estão mudando rapidamente e

a única maneira de se manter a par da tecnologia é através da educação continuada;

- **Projeto para servir à comunidade** - Os engenheiros Civis devem possuir como meta, melhorar as condições humanas e limitar os impactos das atividades sobre sua responsabilidade na natureza;
- **Escolha o que usar** - Concepção de projetos e escolha de materiais de construção locais e a reciclagem para uso em novos projetos, que sejam viáveis para o cliente e que cause menor impacto no meio ambiente;
- **Menos é mais** – A menor quantidade de materiais utilizados na concepção de um projeto resultará em menores emissões de poluentes na natureza. Deve-se primar pela otimização dos sistemas envolvidos na construção civil, sempre que possível e construir de acordo com a necessidade social;
- **Minimize impactos à comunidade** – A concepção de um projeto pode impactar a comunidade de diversas maneiras negativas. Projetar levando em consideração o ruído, a segurança, as emissões de poluentes, o consumo de energia, dentre outros, resulta em um projeto mais sustentável;
- **Tome cuidado com o que compra** - A durabilidade é a questão muito importante para a sustentabilidade. Em grande parte dos casos, a manutenção de um item existente é melhor para o meio ambiente do que a compra de um novo produto;
- **Inove** - Identificar um problema como uma oportunidade, educar-se, avaliar novos produtos, aprender com os erros e gerenciar os riscos futuros, por meio da educação;
- **Estamos todos juntos nessa** - Um projeto mais sustentável requer o envolvimento, participação e cooperação de todos os envolvidos na cadeia da construção, priorizando a interação de disciplinas e com uma variedade de bases de conhecimento envolvidas.

Allenby et al. (2009) discutem o significado da sustentabilidade para os profissionais da engenharia com tendência prática e aplicada, enquadrando a sustentabilidade como um

mito que evolui, que ajuda os profissionais a entender e gerenciar os aspectos sociais, econômicos e ambientais de seu trabalho, e a empregar pelo menos, algumas dessas dimensões.

De acordo com Kelly (2008) os alunos só irão estar preparados para aplicar os princípios da sustentabilidade como Engenheiros Civis, se eles forem expostos a estes princípios como parte da sua formação na graduação.

Com a crescente importância da educação para a sustentabilidade e a evolução esperada de programas educativos, segundo Batterman (2011), é previsível que em não muitos anos o que é agora considerado prioridade em mestrados, possam ser aplicados aos programas de graduação, e as prioridades em doutorados podem ser migrados para o mestrado.

É evidente que o enfoque ambiental é a principal contribuição da engenharia para a sustentabilidade (CHAU, 2007), muitas vezes deixando de considerar as questões sociais ou culturais. Segundo Allenby et al. (2009), isso reflete a facilidade das questões ambientais serem definidas e quantificadas em relação às questões sociais ou culturais. O mesmo autor ressalta que isto é devido às questões sociais e culturais serem de difícil precisão e, geralmente, altamente conflituosas.

Dessa forma, as certificações que muitas vezes tem enfoque somente ambiental, de acordo com Gonçalves e Duarte (2006) são definidas como um sistema de avaliação que busca a quantificação da sustentabilidade de um projeto, de acordo com determinados critérios de desempenho, que englobam requisitos como: gestão da água, eficiência energética, gestão de resíduos, canteiro de obras com menor impacto ambiental, o entorno da edificação etc.

## ***4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO***

---

Neste capítulo são abordados os temas que influenciam na eficiência energética do ambiente construído, tais como: fontes de energia, matriz energética brasileira, consumo de energia elétrica no ambiente construído e certificações para edificações mais sustentáveis e que abordam a eficiência energética.

### **4.1 Fontes de energia**

A oferta de energia, durante o século XX, obtida principalmente a partir dos combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral, deram suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial. Em contrapartida, a humanidade vem sofrendo as consequências negativas deste crescimento, causadas pela poluição ambiental, sendo assim, o desenvolvimento sustentável, a única forma de minimizar esses impactos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

A humanidade enfrenta hoje seu maior desafio diante da deterioração ambiental provocada pela ação humana. Como exemplo, pode-se ter o aquecimento global e suas trágicas consequências, devido o elevado volume de emissões dos gases causadores do efeito estufa, decorrentes em sua maioria da produção de energia elétrica concentrada nos combustíveis fósseis (CASSILHA; CASAGRANDE JUNIOR; SILVA, 2009).

Neste contexto, os Engenheiros Civis devem desempenhar suas atividades profissionais, levando em consideração a eficiência energética nas edificações, com a utilização de energias renováveis, otimização do partido arquitetônico para diminuir o consumo de energia elétrica, entre outros, procurando assim a redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa.

Em 1997, nações industrializadas assinaram o Protocolo de Quioto, comprometendo-se em reduzir 5,2% à emissão de gases de efeito estufa (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano

(CH<sub>4</sub>), clorofluorcarbonos (CFCs) e óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)), em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012 (BRASIL, 2011a).

Em contrapartida, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) vem alertando desde 1988 sobre a necessidade de estabilizar as concentrações de CO<sub>2</sub> de todas as nações, e que isso exigirá mundialmente uma redução em torno de 60-80% até 2050 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007<sup>4</sup>, *apud* DESHA; HARGROVES, 2010). Caso as políticas permaneçam semelhantes em relação às que estão atualmente em vigor, de acordo com o *International Energy Agency* (IEA), a demanda mundial por energia sofrerá um acréscimo de 50% até 2030 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007<sup>5</sup>, *apud* DESHA; HARGROVES, 2010).

O aumento das necessidades energéticas dos países, resultantes do desenvolvimento tecnológico e com isso a exploração dos combustíveis fósseis, podem acarretar em médio prazo, no esgotamento das reservas de recursos naturais mais utilizadas, como o carvão mineral e o petróleo. Isso, naturalmente, levou a mais problemas ambientais, que podem ser superados com o uso generalizado das fontes de energia renováveis pouco poluidoras (KARABULUT et al., 2011).

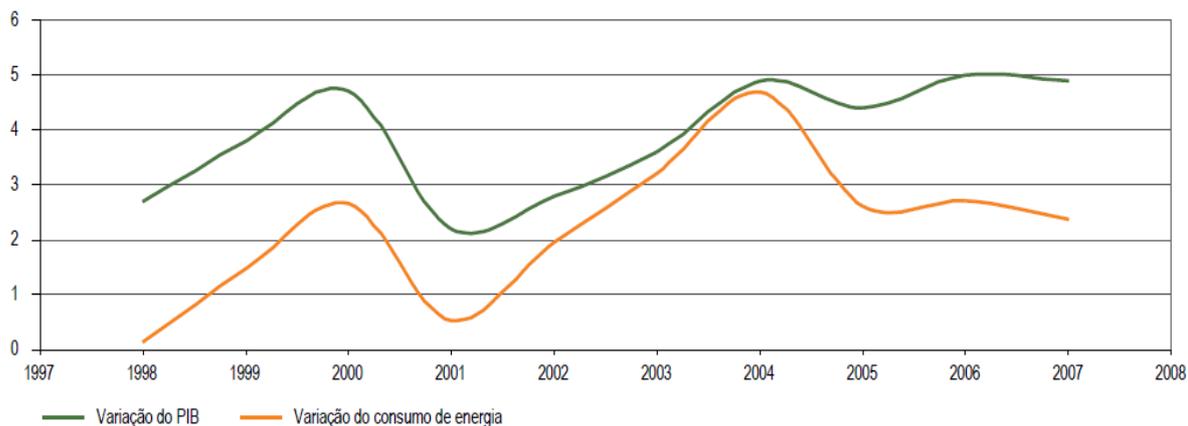
As hidrelétricas descritas como não poluidoras, segundo Delbin (2006), não são uma fonte de energia isenta de emissões atmosféricas. Segundo resultados de pesquisas da Eletrobrás, o reservatório de uma hidrelétrica emite gases de origens biogênicas, tais como o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>S.

As nações desenvolvidas são as maiores consumidoras de energia e, conseqüentemente, poluidoras do meio ambiente, especialmente aquelas que utilizam fontes de energia fósseis não renováveis. Assim, segundo a mesma autora, o poder aquisitivo e o desenvolvimento social da população são determinantes para a variação do consumo per capita de energia (gráfico 1).

---

<sup>4</sup> INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Fourth assessment report WG2: climate change 2007: impacts, adaptation & vulnerability**. International Panel on Climate Change. 2007.

<sup>5</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2005**. Press release. IEA. Disponível em: <[http://www.iea.org/Textbase/press/pressdetail.asp?PRESS\\_REL\\_ID%4163](http://www.iea.org/Textbase/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID%4163)>. Acesso em: May 2009.



**Gráfico 1** - Variação do PIB e do consumo de energia mundial entre os anos de 1998 e 2007.  
Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008.

De acordo com o gráfico 1, entre os anos de 2003 a 2007, a economia mundial apresentou expansão, causando variação crescente do PIB: 3,6% em 2003; 4,9% em 2004; 4,4% em 2005; 5% em 2006 e 4,9% em 2007, segundo a tendência produzida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. No mesmo período, a variação acumulada do consumo de energia foi de 13%, passando de 9.828 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) em 2003 para 11.099 milhões de tep em 2007.

Conclui-se que o consumo de energia é um dos mais importantes indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer país (KARABULUT et al., 2011).

## 4.2 Matriz energética brasileira

Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui aproximadamente 184 milhões de habitantes, destacando-se como a quinta nação mais populosa do mundo. Em 2008, cerca de 95% da população tinha acesso à rede elétrica, possuindo 61,5 milhões de unidades consumidoras em 99% dos municípios brasileiros, sendo que a grande maioria, cerca de 85% é residencial (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

A geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas é historicamente predominante na matriz brasileira. Em decorrência disso, segundo Delbin (2006), o Brasil possui uma matriz energética menos poluidora em comparação aos países participantes do protocolo de Quioto. Em 2009, contava com 165 empreendimentos alcançando 71,01% da capacidade, apresentando queda em relação ao percentual de 2008 com 73% (tabela 1).

A queda na geração de energia por meio de usinas hidrelétricas foi superada pela expansão de todas as outras fontes, com exceção da usina termonuclear, que era de 1,96% em 2008, para 1,89% no ano de 2009. A segunda maior fonte de energia elétrica do Brasil, as usinas termelétricas, apresentou aumento no ano de 2009, contando com 23,59% contra 22,18% em 2008. A geração por pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras subiu de 2,54% para 2,94% em 2009, na comparação com o ano anterior, enquanto a geração eólica subiu de 0,33% para 0,57% (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010).

**Tabela 1** - Panorama da geração da energia elétrica no Brasil em 2009.

<b>Tipo</b>	<b>Número de empreendimentos</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>%</b>
<b>Usina hidrelétrica*</b>	165	75.484,24	71,01
<b>Pequena central hidrelétrica e central geradora hidrelétrica</b>	663	3.126,13	2,94
<b>Usina termelétrica</b>	1313	25.081,35	23,59
<b>Central geradora eólica</b>	36	602,28	0,57
<b>Central geradora fotovoltaica</b>	1	0,02	0,00
<b>Usina termonuclear</b>	2	2.007,00	1,89
<b>TOTAL</b>	2180	106.301,02	100,00

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010.

\*Consideradas as máquinas do lado brasileiro da Itaipu Binacional (7.000 MW).

As metas das lideranças brasileiras para os próximos anos, é a busca pela geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Iniciativa essa que iniciou em 2008, com a realização do primeiro leilão de biomassa, energia gerada pela queima do bagaço de cana-de-açúcar (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

### 4.3 Consumo de energia elétrica em edificações

Segundo Jones (1998<sup>6</sup> *apud* DELBIN, 2006, p. 13), o consumo de energia nas edificações pode ser dividido em: energia incorporada nos materiais ou componentes da construção; energia induzida, ou seja, a energia utilizada na obra; a energia consumida no transporte dos materiais e componentes até a obra; energia de operação; e a energia para alteração e disposição final. Para o mesmo autor, o consumo de energia na operação da edificação, devido a sua utilização continuar ao longo de sua vida útil, é a de maior enfoque por pesquisadores, projetistas e legisladores.

Avaliar o desempenho energético durante a fase de operação da edificação é uma tarefa complexa, pois, envolve variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares (MENDES et al., 2005), como o partido arquitetônico relacionado ao conforto do usuário, pois tem influência direta no gasto de energia elétrica.

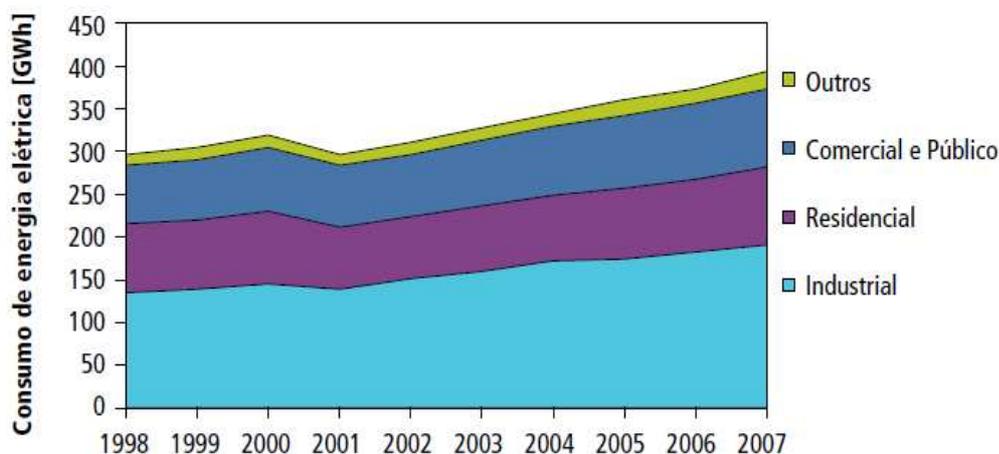
Para Mascaró e Mascaró (1992) o clima, denominado um elemento pouco valorizado no projeto, apresenta-se como um dos elementos fundamentais para minimizar o consumo de energia em uma edificação.

Segundo o Relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (2008), em função do racionamento ocorrido em 2001 e das correspondentes práticas de eficiência energética adotadas, como utilização de lâmpadas econômicas no setor residencial, em 2002 o consumo de energia elétrica verificado no país, de 321.551 GWh, segundo série histórica constante do Balanço Energético Nacional de 2008, estava em níveis próximos aos verificados entre 1999 e 2000. A partir desse ano, porém, apresentou um ritmo acelerado de crescimento de 6,5% em 2003; 5,2% em 2004; 4,2% em 2005 e 3,9% em 2006, provocando inclusive, preocupações com relação à capacidade da oferta acompanhar esta evolução.

O gráfico 2 apresenta a tendência de aumento no consumo de energia elétrica no Brasil, especialmente nos setores comercial e público, residencial e industrial, entre os anos de 1998 a 2007.

---

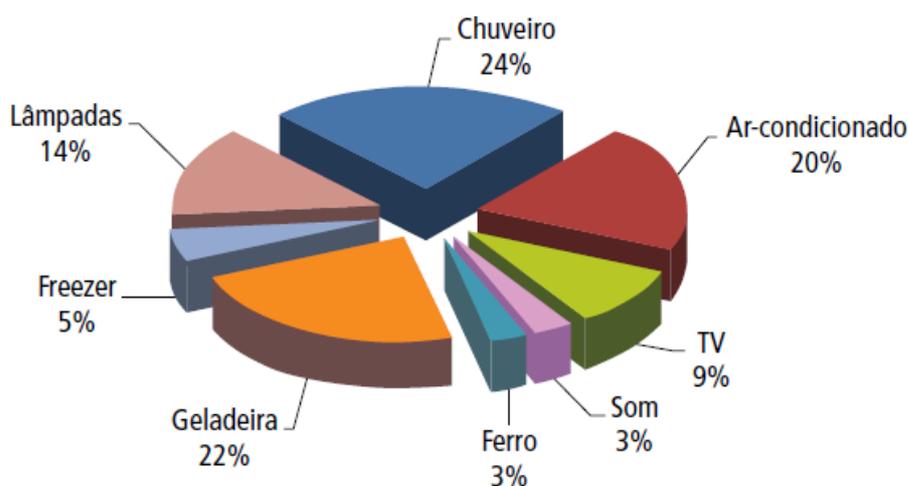
<sup>6</sup> JONES, D. L. **Architecture and the environment**: bioclimatic building design. London: Laurence King, 1998.



**Gráfico 2** - Tendência dos consumos de energia elétrica por setor no Brasil.  
Fonte: BRASIL, 2008.

As edificações se destacam pelo volume absorvido de energia elétrica, representando 45,2% em 2005, sendo que as edificações comerciais consomem 14,3%, as residenciais 22,2% e as públicas 8,7% (BRASIL, 2008).

Em relação ao consumo final de energia elétrica, é possível perceber que os grandes responsáveis pelo consumo são o chuveiro elétrico com 24%, a geladeira com 22%, o ar-condicionado com 20%, e a iluminação artificial com 14% (LAMBERTS et al., 2010) (gráfico 3).



**Gráfico 3** - Uso final de energia elétrica das residências brasileiras referente a 2005.  
Fonte: Eletrobras, Procel (2007<sup>7</sup> apud LAMBERTS et al., 2010, p. 18).

<sup>7</sup> ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso:** Ano Base 2005 – Classe Residencial – Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2007.

Em 2005, o PROCEL realizou uma pesquisa envolvendo mais de 10 mil consumidores, sendo que os resultados apontaram que 53,2% dos entrevistados não conhecem o Selo PROCEL. Desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) o Selo PROCEL de economia de energia, foi instituído em 1993, e busca orientar o consumidor na compra de produtos com melhores níveis de eficiência energética (LAMBERTS et al., 2010).

#### **4.4 Certificações para edificações mais sustentáveis brasileiras que abordam e eficiência energética**

A indústria da construção influencia na economia, sociedade e meio ambiente, chegando a consumir até 60% dos recursos naturais extraídos do planeta (WASHINGTON, D. C, 2005). Existem muitas iniciativas, seja por agências governamentais instituições de pesquisa ou do setor privado de vários países, para introduzir a sustentabilidade na construção civil, especialmente nas denominadas como *green buildings* (BOSCH; PEARCE, 2003; WANG, 2009). As *green buildings* são edificações ambientalmente eficientes, que utilizam uma abordagem integrada de projeto, objetivando a minimização do impacto negativo da construção da edificação e de seus ocupantes sobre o meio ambiente (ALI; AL NSAIRAT, 2009).

Em consequência disto, a avaliação ambiental de edifícios vem ganhando grande importância na indústria da construção (TATARI; KUCUKVAR, 2011).

Praticamente cada país europeu, além de Canadá, Austrália, Estados Unidos, Hong Kong e Japão, possui um sistema de avaliação de certificação de edifícios, basicamente centrada na dimensão ambiental da sustentabilidade. (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003).

Desde o início de 1990, uma série de modelos de avaliações enfocando o impacto ambiental para edificações foram desenvolvidos. Alguns dos modelos possuem uma estrutura composta de diversos itens e correspondentes regras de pontuação, tais como: o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, 2011) e o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2011). Estes modelos são

considerados ferramentas qualitativas mais abrangentes para a avaliação ambiental e de fácil implementação e utilização (ZHANG et al., 2006; ALI; AL NSAIRAT, 2009).

Enquanto outros modelos, como *Building for Environmental and Economic Sustainability* (BEES) (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, 2011) e o *ATHENA Impact Estimator for Buildings* (ATHENA INSTITUTE, 2011), dentre outros, são modelos quantitativos, baseados na avaliação do ciclo de vida dos materiais constituintes da edificação (ZHANG et al., 2006; FORSBERG; MALMBORG, 2004). Estes últimos são comumente utilizados na seleção dos projetos de construção, material de construção e escolha de serviços públicos locais, por exemplo, gestão de resíduos e tipo de transporte (ALI; AL NSAIRAT, 2009).

Em suma, as certificações fornecem um instrumento eficaz para avaliação do desempenho ambiental das edificações e integração do desenvolvimento sustentável nos processos de construção, pois são utilizados como uma ferramenta de gestão, visando à organização e estruturação das preocupações ambientais durante as fases de concepção, construção e operação da edificação (ALI; AL NSAIRAT, 2009). Também podem ser utilizadas como uma ferramenta de projeto, auxiliando nas prioridades e metas do projeto sustentável e no desenvolvimento de estratégias e avaliações de desempenho que orientam os processos de decisão de projetos mais sustentáveis (ANDO et al.; COLE, 2005<sup>8</sup>, 2003<sup>9</sup> *apud* ALI; AL NSAIRAT, 2009).

Para Piccoli et al. (2010) a fase de projeto exige dos projetistas um esforço expressivo na redação de memoriais mais elaborados, com especificações mais detalhadas de materiais, assim como, o conhecimento dos critérios solicitados pelas certificações. Segundo o mesmo autor, para que as certificações atinjam a finalidade requerida, deve ocorrer à participação dos diferentes agentes envolvidos diretamente ou indiretamente no empreendimento, centrada em uma abordagem sistêmica do processo de gestão, com a requalificação, desde os operários até a cadeia de fornecedores de materiais e componentes.

As vantagens financeiras das edificações sustentáveis vem sendo motivo de discordância entre construtores e pesquisadores (ISSA; RANKIN; CHRISTIAN, 2010). Os pesquisadores em geral creem que a maioria das *green buildings*, podem ser construídas com

---

<sup>8</sup> ANDO, S. et al. **Architecture for a sustainable future**. Tokyo: Architectural Institute of Japan, 2005.

<sup>9</sup> COLE, R. Building environmental assessment methods: a measure of success. Special Issue Article. THE FUTURE OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 2003.

pouco a nenhum custo adicional, enquanto os construtores defendem que este tipo de edificação apresenta alto custo inicial.

A percepção das edificações sustentáveis pela indústria da construção civil, em termos de acréscimo de custos em relação a uma edificação convencional, foi estudada por Ahn e Pearce (2007). Aquele estudo demonstrou que 35% dos entrevistados acreditam que o custo de construções sustentáveis é cerca de 5% a 10% maior em relação à construção convencional; 27% dos entrevistados acreditam que o custo seria superior a 10%; e 38% dos entrevistados indicaram que as construções sustentáveis aumentariam os custos de construção entre 0 a 5% em relação à construção convencional.

Isto demonstra, segundo o mesmo autor, que a indústria da construção ainda acredita que os custos das construções sustentáveis são significativamente maiores do que as construções convencionais, apesar das crescentes evidências mostrarem o contrário (KATS et al., 2003). Esta problemática ainda é agravada pela falta de comunicação entre profissionais e pesquisadores, que dificulta a transferência de conhecimentos entre as duas partes, restringindo a atuação dos pesquisadores na investigação das limitações práticas sobre os custos e os benefícios financeiros de edificações sustentáveis (ISSA; RANKIN; CHRISTIAN, 2010).

Uma edificação mais sustentável não só apresenta um impacto positivo na saúde pública e no meio ambiente, mas também reduz custos operacionais, melhora o processo construtivo e a comercialização, aumenta a produtividade dos ocupantes e ajuda a criar uma comunidade mais sustentável (FOWLER; RAUCH, 2006). Estes aspectos, muitas vezes focados somente na dimensão ambiental da sustentabilidade, apresentam viabilidade em países desenvolvidos. Já, em países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, o desenvolvimento sustentável não só deve ser focado na dimensão ambiental, mas também de forma prioritária aos aspectos sociais e econômicas da sustentabilidade (GIBBERD, 2005; SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003), pois os problemas sociais e econômicos estão no topo das agendas destes países.

Diante do exposto, as certificações para edificações mais sustentáveis devem levar em consideração a realidade do local onde se deseja implementá-la (ALI; AL NSAIRAT, 2009), pois cada país, seja desenvolvido ou em desenvolvimento, apresenta necessidades e qualidades peculiares.

As certificações Alta Qualidade Ambiental (AQUA) (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011a), Etiqueta de Eficiência Energética de Edificações (BRASIL, 2011b) e Selo Casa Azul CAIXA (BRASIL, 2011c), são certificações adaptadas às necessidades brasileiras. Estas, por questões metodológicas de padronização, serão utilizadas neste estudo, com o enfoque nas edificações residenciais. Isso se deve ao fato da certificação Selo Casa Azul CAIXA ser direcionada para esta tipologia de edificação.

#### 4.4.1 Referencial Alta Qualidade Ambiental (AQUA)

O enfoque na gestão de projeto centrada na dimensão ambiental da sustentabilidade é a característica principal do referencial AQUA.

Este referencial foi originado a partir da certificação francesa *Haute Qualité Environnementale* (2011) e adaptada para as condições climáticas do Brasil pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini (2011b), em cooperação com o órgão francês *Certification Qualité Logement* (2011).

O referencial AQUA compõe-se de Referenciais Técnicos de Certificação abordando: escritórios e edifícios escolares (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011c), hotéis (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011d) e edifícios habitacionais (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011e).

Os referenciais citados enfocam a etapa de programa de necessidades, concepção e execução da edificação e estruturam-se em dois instrumentos: o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

O QAE objetiva avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção, sendo composto em quatorze categorias (quadro 1). O SGE determina a qualidade ambiental para a edificação no início do processo e organiza o empreendimento para atingi-la.

**Quadro 1** - Categorias do instrumento Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).**Sítio e construção**

- 1 - Relação do edifício com o seu entorno
- 2 - Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
- 3 - Canteiro de obras com baixo impacto ambiental

**Gestão**

- 4 - Gestão da energia
- 5 - Gestão da água
- 6 - Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício
- 7 - Manutenção - Permanência do desempenho ambiental

**Conforto**

- 8 - Conforto higrotérmico
- 9 - Conforto acústico
- 10 - Conforto visual
- 11 - Conforto olfativo

**Saúde**

- 12 - Qualidade sanitária dos ambientes
- 13 - Qualidade sanitária do ar
- 14 - Qualidade sanitária da água

Fonte: adaptado FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011e.

As quatorze categorias são divididas nas principais preocupações associadas aos critérios e indicadores de desempenho. Dependendo do desempenho arquitetônico e técnico desejado para a edificação, esta pode ser enquadrada nos níveis Bom, Superior e Excelente (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011e).

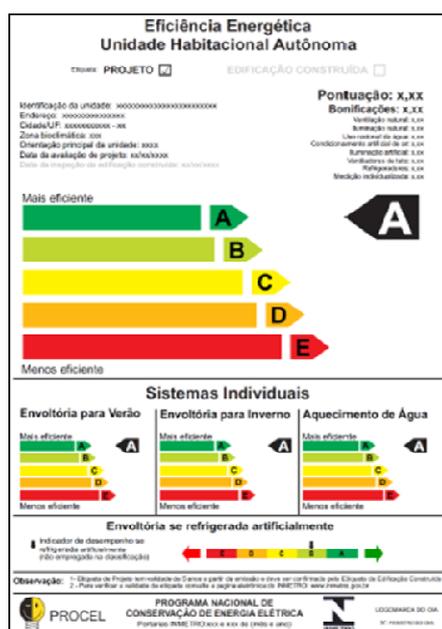
#### 4.4.2 Etiquetagem de eficiência energética de edificações

O uso eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente são princípios que fazem parte da política brasileira de conservação e uso racional de energia, sendo materializada pela Lei N. 10.295 promulgada em 2001 (BRASIL, 2001a). A regulamentação desta lei se deu por meio do Decreto N. 4.059 (BRASIL, 2001b), dentre outras especificações, originou: os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética de edificações construídas; o Comitê gestor de indicadores e níveis de eficiência energética (CGIEE) para edificações e; o Grupo técnico para efficientização de energia nas edificações no país (GT-EDIFICAÇÕES) (BRASIL, 2001b).

Estas iniciativas governamentais inseriram os edifícios comerciais, de serviços e públicos e as edificações residenciais no Programa brasileiro de etiquetagem do Inmetro (CARLO; LAMBERTS, 2010a).

O uso eficiente da energia em edificações residenciais unifamiliares ou multifamiliares, obtido por meio da etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) (figura 4) foi lançado em 2010. A ENCE objetiva informar e classificar a eficiência energética de edificações residenciais nas escalas mais eficientes (A) até menos eficiente (E), seja por meio de simulação computacional da edificação ou por métodos prescritivos (BRASIL, 2011d).

O método prescritivo determina simplificadaamente, o nível de eficiência, apresentando limitações em relação à necessidade de realizar a simulação da ventilação natural, as limitações das diferentes volumetrias na análise da envoltória e também a pequena precisão em grandes aberturas envidraçadas de vidros de elevado desempenho (CARLO; LAMBERTS, 2010a). Logo, o método de simulação proporciona uma maior flexibilidade na realização de ajustes entre sistemas mais e menos eficientes, não determina parâmetros predefinidos de projeto de condicionamento de ar e agrega as bonificações no nível geral de eficiência energética do edifício (CARLO; LAMBERTS, 2010b).



**Figura 4** - Exemplo da ENCE para projeto de unidade habitacional autônoma. Fonte: Brasil, 2011d.

O Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (BRASIL, 2010b), além de especificar os requisitos técnicos, também determina os métodos para classificação desta tipologia de edificações em relação à eficiência energética.

Neste regulamento as edificações residenciais são discriminadas em: unidades habitacionais autônomas, edificações unifamiliares, edificações multifamiliares, áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais. Na primeira e segunda, avaliam-se os requisitos referentes ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento de água e bonificações. Na terceira, graduam-se os resultados obtidos a partir da avaliação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação. Na quarta, leva-se em consideração na avaliação, à eficiência do sistema de iluminação artificial, do(s) sistema(s) de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas centrífugas, dos equipamentos e de eventuais bonificações.

A ENCE pode ser concedida para as edificações novas ou existentes, sendo concedida em ambos os casos para as unidades habitacionais autônomas, edificações multifamiliares e áreas de uso comum (BRASIL, 2011d).

#### 4.4.3 Selo Casa Azul CAIXA

A avaliação socioambiental de projetos habitacionais pode ser obtida por meio do Selo Casa Azul CAIXA (BRASIL, 2010c). Este selo prima pela adoção de soluções mais eficientes no uso racional de recursos naturais e na melhoria da qualidade da habitação nas fases de construção, uso, ocupação e manutenção das edificações e do entorno.

A finalidade desta certificação é o reconhecimento e divulgação ao público, pela Caixa Econômica Federal, de projetos de empreendimentos habitacionais mais sustentáveis. Este reconhecimento e divulgação são obtidos pelo incentivo de aplicação desta certificação em empreendimentos habitacionais construídos no domínio dos programas, financiamentos e repasses operacionalizados pela caixa (E-CONSTRUMARKET, 2011).

A concessão do selo está atrelada a verificação durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento sobre o atendimento das categorias e respectivos critérios estabelecidos pelo instrumento de avaliação. Estes são divididos em seis categorias: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e prática sociais.

Os selos são classificados em bronze, prata e ouro, de acordo com o atendimento mínimo dos critérios estabelecidos na certificação (figura 5).



**Figura 5** - Níveis ouro, prata e bronze do Selo Casa Azul CAIXA.  
Fonte: BRASIL, 2010c.

O empreendedor que almeja para sua edificação alcançar o nível **Ouro** do Selo Casa Azul CAIXA necessita obedecer a todos os critérios obrigatórios do nível bronze, juntamente com doze critérios de livre escolha, resultando em trinta e um critérios. Para o nível **Prata** deve-se satisfazer aos critérios obrigatórios no nível bronze e a seis critérios a livre escolha, completando vinte e cinco critérios. Já para o nível **Bronze** ocorre a necessidade de atendimento de dezenove critérios obrigatórios (BRASIL, 2010c).

Os benefícios do Selo Casa Azul CAIXA não só compreendem as dimensões sociais e ambientais da sustentabilidade, mas também a dimensão econômica. Esta é expressa por meio do incentivo da produção formal, pois gera empregos, arrecada tributos e obrigações trabalhistas, promove a regularização fundiária e a ocupação ordenada nas cidades brasileiras. Além disso, são priorizados nestes locais: a infraestrutura básica, as vias de acesso a serviços urbanos de transportes públicos e a coleta de lixo (BRASIL, 2010c).

## 5 METODOLOGIA

---

O método de pesquisa envolveu uma variedade de procedimentos, tais como: revisão da literatura (conforme apresentada nos capítulos anteriores); pesquisa de projetos pedagógicos, ementas de disciplinas ou conteúdos programáticos e grades curriculares das instituições do sistema de educação superior em Engenharia Civil; pesquisa das certificações sustentáveis da construção civil brasileira; criação de instrumento de identificação e inserção da eficiência energética.

Constituiu-se um diagnóstico preliminar da situação dos cursos de Engenharia Civil através de informações coletadas por meio da revisão das ementas ou conteúdos programáticos dos cursos, incluindo a organização curricular utilizando a Resolução CNE/CES N. 11 (BRASIL, 2002) que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em engenharia.

A partir dessa análise, foi investigada a temática eficiência energética nas disciplinas dos cursos de Engenharia Civil e foi realizada uma proposta de inserção dessa temática nos tópicos dos núcleos de conteúdos das Diretrizes Curriculares Nacionais, utilizando o instrumento de identificação e inserção da eficiência energética.

Assim, as etapas metodológicas deste estudo podem ser destacadas da seguinte forma:

- Delimitação do universo de casos a serem estudados;
- Investigações dos cursos de Engenharia Civil de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais;
- Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética;
- Verificação de conteúdos envolvendo a eficiência energética;
- Formas de apresentação e análise dos resultados.

## 5.1 Delimitação do universo de casos a serem estudados

A pesquisa buscou investigar especificamente os cursos de Engenharia Civil que possuíam o projeto pedagógico ou grade curricular com as respectivas ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas disponíveis em página eletrônica do curso, e que apresentavam, no mínimo, a porcentagem de divisão dos núcleos de conteúdos de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais.

A seleção das Instituições de Ensino Superior foi baseada nos cursos de Engenharia Civil que foram avaliados em 2008 pelo Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE). Isto se deve ao fato, deste exame avaliar o rendimento dos estudantes dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos previstos nas Diretrizes Curriculares Nacionais e toma como referência o perfil do profissional expresso pela referida diretriz em relação às habilidades e competências para a atualização permanente e aos conhecimentos sobre a realidade brasileira e mundial e sobre outras áreas do conhecimento (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2011a).

Ressalta-se que o ENADE foi utilizado neste estudo somente como base metodológica e que não foi realizada uma análise mais detalhada utilizando esse exame.

Com base nisso, foram realizadas as seguintes etapas:

- *Download* da planilha denominada “Resultados do ENADE 2008” do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira;
- Seleção na planilha das Instituições de Ensino Superior da área engenharia (Grupo I) e subárea Engenharia Civil;
- Organização dos cursos de Engenharia Civil de acordo com o conceito ENADE, a saber: 1, 2, 3, 4 e 5, obtido naquele ano de avaliação;
- Busca em página eletrônica do curso de Engenharia Civil do projeto pedagógico ou da grade curricular com as ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas, utilizando os critérios já citados.

Os nomes das Instituições de Ensino Superior foram preservados, pois além da utilização do conceito ENADE servir para caracterizá-las, estava de acordo com os objetivos propostos para este estudo. Assim, as Instituições de Ensino Superior foram designadas por letras: A, B, C, D etc.

## **5.2 Investigações dos cursos de acordo com a Resolução CNE/CES N. 11**

Os cursos de Engenharia Civil determinados de acordo com o item 5.1, foram investigados levando em consideração a divisão de disciplinas de acordo com os tópicos dos núcleos de conteúdos expressos pelas Diretrizes Curriculares Nacionais. Para tal, foram utilizados os projetos pedagógicos ou grades curriculares com as respectivas ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas dos cursos e priorizando os documentos que realizavam a divisão das disciplinas de acordo com a referida diretriz.

Dessa forma, as disciplinas foram separadas por núcleo de conteúdos (básico, profissionalizante, específico e síntese e integração do conhecimento, estágios e atividades complementares).

Após essa divisão, cada disciplina foi alocada de acordo com o tópico pertinente e transcrita a sua respectiva carga horária.

Optou-se pela criação do núcleo síntese e integração do conhecimento, estágios e atividades complementares, devido ao foco deste estudo, que são as disciplinas dos cursos de Engenharia Civil. Este núcleo faz parte do núcleo de conteúdos específicos.

Foram realizadas análises separadas dos cursos de Engenharia Civil, levando em consideração a sua periodicidade (semestral ou anual). Isto se deveu ao fato, das diferenças de carga horária entre as disciplinas com periodicidade semestral e anual. Disciplinas com periodicidade anual são mais condensadas, englobando maiores conteúdos programáticos. Já disciplinas com periodicidade semestral, apresentam menor carga horária e conseqüentemente conteúdos programáticos mais restritos por disciplinas, em comparação às disciplinas anuais.

### 5.3 Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética

O instrumento de identificação e inserção da eficiência energética foi aqui criado para a identificação e inserção da eficiência energética nos conteúdos programáticos das disciplinas dos cursos de Engenharia Civil.

Como bases para a proposta desse instrumento, foram selecionadas três certificações consideradas relevantes como referências para a formação do aluno: Referencial Alta Qualidade Ambiental (AQUA) (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011e), Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações (BRASIL, 2010b) e Selo Casa Azul CAIXA (BRASIL, 2010c). Essa escolha dos referenciais de base do instrumento foi impulsionada por três premissas.

**Primeiro**, optou-se pela adoção de certificações para construção sustentável fundamentada no desempenho, devido às edificações brasileiras, serem avaliadas utilizando essa metodologia. Dessa forma, diferentemente das certificações que abordam o ciclo de vida da edificação, as certificações baseadas no desempenho exige um conhecimento e empenho maior do profissional da Engenharia Civil. **Segundo**, adaptabilidade ao cenário real da construção civil brasileira. **Terceiro**, pela abordagem direta ou indireta dos três eixos da sustentabilidade (social, econômica e ambiental).

O instrumento desenvolvido configurou-se como um formulário, que estabelece uma lista de identificação e possível inserção de conteúdos relacionados com a eficiência energética em disciplinas de cursos de Engenharia Civil.

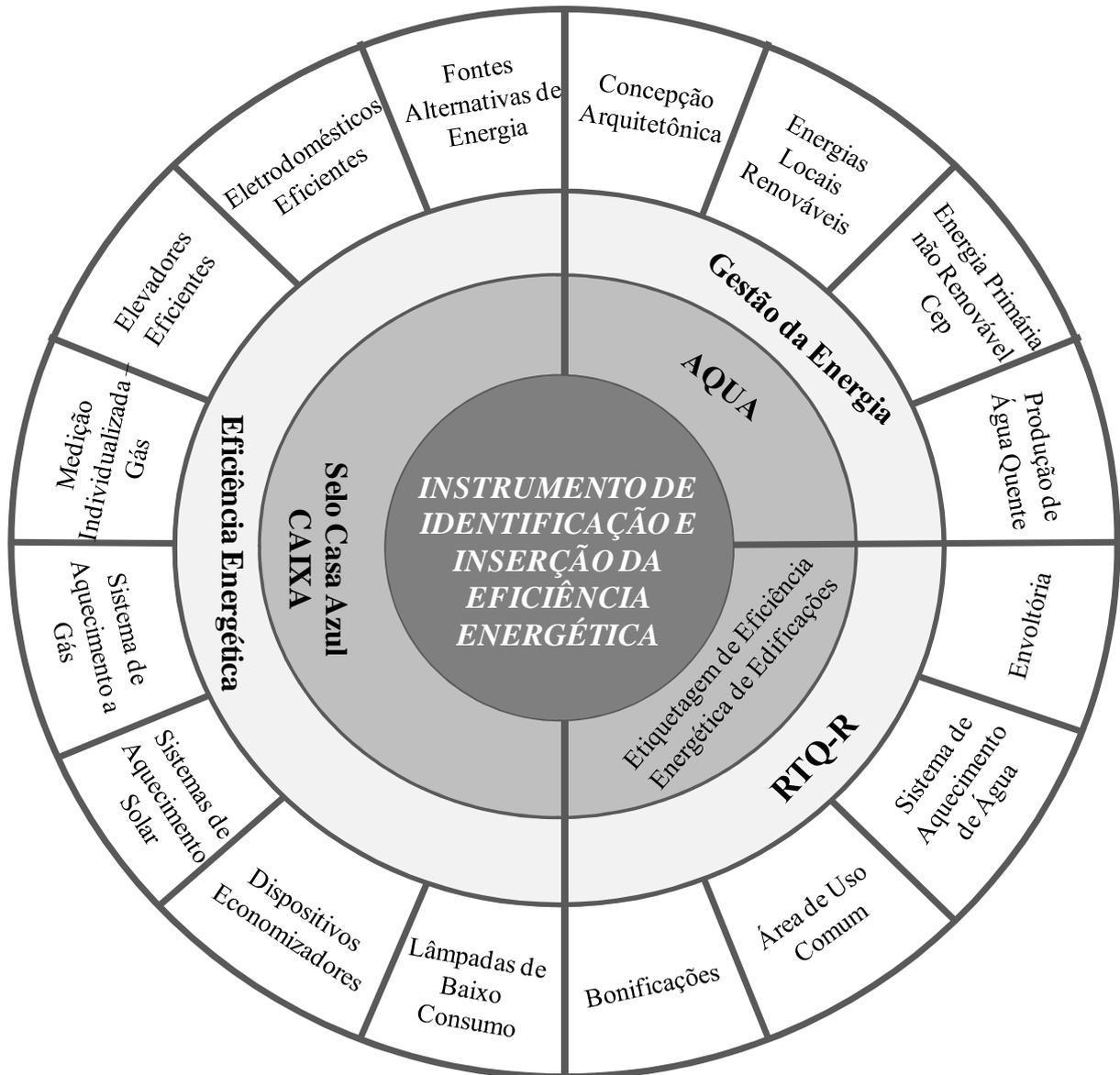
Para a organização dessa lista, partiu-se da identificação de itens adotados como critérios por aquelas certificações para a construção sustentável no Brasil. Os selos são aqui tomados como referencial, levando-se em consideração que o Engenheiro Civil necessita ter uma formação que o capacite, para que seus projetos atendam aos parâmetros mínimos de sustentabilidade com enfoque na eficiência energética ali estabelecida.

Foi dado enfoque nas edificações habitacionais das três certificações para padronização com o Selo Casa Azul CAIXA (BRASIL, 2010c), que focaliza somente esta tipologia de edificação. Esta é uma certificação fundamental neste estudo, pois além da dimensão ambiental da sustentabilidade, aborda também a dimensão social e econômica.

Para a formação do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética (figura 6) da certificação AQUA (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2011e) utilizou-se a categoria 4 - Gestão da energia. Esta categoria contempla os seguintes requisitos: redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica, energias locais renováveis, redução do consumo de energia primária não renovável (Cep) e produção de água quente.

Para o enfoque da Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações, utilizou-se o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2010b). Deste regulamento, a envoltória, o sistema de aquecimento de água, a área de uso comum e as possíveis bonificações foram elementos utilizados para a formação do instrumento.

Do Selo Casa Azul CAIXA (BRASIL, 2010c) para embasar este estudo, foi utilizada a categoria 3, denominada eficiência energética. Desta categoria utilizaram-se os seguintes requisitos: lâmpadas de baixo consumo – áreas privativas, dispositivos economizadores – áreas comuns, sistemas de aquecimento solar, sistema de aquecimento a gás, medição individualizada – gás, elevadores eficientes, eletrodomésticos eficientes, fontes alternativas de energia (figura 6)



**Figura 6** - Estrutura organizacional do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética, a partir das três certificações da construção sustentável brasileira: AQUA, Etiqueta de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R) e Selo Casa Azul CAIXA.

Fonte: Elaborada pela autora.

Para a formação das categorias constituintes deste instrumento, utilizaram-se duas etapas. A **primeira** etapa constou das transcrições das três certificações e seleção das temáticas comuns, representadas pelos contornos em vermelho, amarelo, azul e verde. A **segunda** etapa representa a união e transcrição das temáticas comuns (contorno coloridos) das três certificações e transcrição das temáticas não comuns, para posterior simplificação.

Ressalta-se que para a formação do instrumento, utilizou-se da certificação AQUA, as preocupações, como **categorias** do instrumento de identificação e inserção da eficiência e os comentários e exigências como **requisitos**. Do RTQ-R utilizou-se a envoltória, sistema de aquecimento de água, áreas de uso comum, e bonificações como **categorias** e as exigências das mesmas, como **requisitos**. Já do Selo Casa Azul CAIXA, utilizaram-se os critérios de cada categoria para a formação das **categorias** do instrumento e o indicador de cada critério para a formação dos **requisitos**.

A **segunda** etapa da formação do instrumento representa o instrumento de identificação e inserção da eficiência energética já formada. Nele privilegiou-se a clareza dos conteúdos e, dependendo da conveniência, optou-se por uma das subcategorias das três certificações, ou pela fusão das mesmas.

#### **5.4 Verificação de conteúdos envolvendo a eficiência energética**

Após a criação do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética, procedeu-se a sua aplicação nos conteúdos programáticos ou ementas das disciplinas dos cursos de Engenharia Civil amostrados. Por meio do método de comparação, foram identificadas as disciplinas que contemplaram as temáticas desse instrumento.

Para as disciplinas que não apresentaram explicitamente essa temática, foi indicada qual temática do instrumento seria mais passível de inserção na mesma. A partir desta análise, foram rastreados os tópicos das Diretrizes Curriculares Nacionais aos quais pertencem essas disciplinas, utilizando-se para isso a etapa metodológica realizada no item 5.2.

Procurou-se nesse item identificar os princípios teóricos que envolvem a eficiência energética e que orientam a formação e o futuro desenvolvimento das atividades profissionais dos Engenheiros Civis.

Os princípios teóricos relacionados com a eficiência energética que devem estar presentes na formação do Engenheiro Civil, de acordo com Keeler e Burke (2010) podem ser expressos em termos projetuais com a concepção de projetos que utilizem técnicas passivas para redução do consumo de energia decorrentes do aquecimento de água, calefação e

refrigeração; possuindo sistemas de vedação externa que proporcione uma separação térmica adequada entre o interior e o exterior da edificação; utilização de equipamentos bem-dimensionados para fins de refrigeração e calefação quando existir e escolha de equipamentos e eletrodomésticos eficientes energeticamente; e por fim a utilização de energias renováveis para suprir as demandas energéticas restantes da edificação.

Os princípios citados vêm ao encontro dos requisitos presentes nas certificações brasileiras para construção sustentável utilizadas na confecção do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética já apresentada na figura 6.

### **5.5 Formas de apresentação e análise dos resultados**

Os resultados obtidos no item 5.2 denominado por: investigações dos cursos de acordo com a Resolução CNE/CES N. 11 (BRASIL, 2002), foram apresentados na forma de:

- Tabela, sendo calculada a média, mediana, desvio padrão, carga horária máxima e mínima dos núcleos de conteúdos da referida resolução;
- Gráficos, para a melhor visualização dos resultados expressos na tabela citada e também para representar a porcentagem de participação de todos os tópicos em cada núcleo das Diretrizes Curriculares Nacionais;

A estrutura do instrumento de avaliação e inserção da eficiência energética obtida por meio do item 5.3 foi apresentada na forma de lista de verificação numerada.

No item 5.4 denominado por verificação de conteúdos envolvendo a eficiência energética, os resultados são apresentados por meio de tabelas. Essas tabelas indicam quais temáticas do instrumento de avaliação e inserção da eficiência energética foi inserida e em quais tópicos das Diretrizes Curriculares Nacionais.

## ***6 ADEQUAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL À RESOLUÇÃO CNE/CES N. 11***

---

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados das análises realizadas nos cursos de Engenharia Civil.

Primeiramente, será apresentada a descrição dos cursos de Engenharia Civil. Após, discutem-se os resultados da análise dos projetos pedagógicos ou grades curriculares com as respectivas ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas, utilizando a Resolução CNE/CES N. 11 (BRASIL, 2002) que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em engenharia.

### **6.1 Cursos de Engenharia Civil investigados**

Após a autorização do curso de Engenharia Civil, as Instituições de Ensino Superior devem manter em página eletrônica própria, e também na biblioteca, para consulta dos alunos ou interessados, o registro oficial devidamente atualizado do projeto pedagógico do curso e componentes curriculares, sua duração, requisitos e critérios de avaliação (BRASIL, 2007).

Dessa forma, em sua maioria, as Instituições de Ensino Superior não estão respeitando essa legislação, pois das 152 Instituição de Ensino Superior avaliadas e com conceito pelo Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) que no período dessa pesquisa disponibilizavam o projeto pedagógico ou grade curricular com ementas ou conteúdos programáticos em página eletrônica do respectivo curso, e que dividiam as disciplinas de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais, resultaram apenas 15 Instituições de Ensino Superior, representando aproximadamente 10% (quadro 2).

**Quadro 2** - Cursos de Engenharia Civil por Estado, periodicidade, ênfase e conceito ENADE.

<b>Cursos de Engenharia Civil</b>	<b>Estado</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Ênfases</b>	<b>Conceito ENADE</b>
<b>A</b>	Piauí	Semestral	Não	3
<b>B</b>	São Paulo	Semestral	Não	4
<b>C</b>	São Paulo	Semestral	Não	4
<b>D</b>	Santa Catarina	Semestral	Não	4
<b>E</b>	Rio de Janeiro	Semestral	Não	4
<b>F</b>	Rio Grande do Sul	Semestral	Não	4
<b>G</b>	Alagoas	Semestral	Não	5
<b>H</b>	São Paulo	Semestral	Sim - duas	2
<b>I</b>	Rio Grande do Sul	Semestral	Não	3
<b>J</b>	São Paulo	Semestral	Sim - duas	5
<b>K</b>	Santa Catarina	Semestral	Não	2
<b>L</b>	Goiás	Semestral	Não	2
<b>M</b>	São Paulo	Anual	Não	3
<b>N</b>	Paraná	Anual	Não	4
<b>O</b>	Paraná	Anual	Não	3

Fonte: Elaborada pela autora.

Dos quinze cursos bacharelado em Engenharia Civil, na modalidade em educação presencial, três cursos possuem periodicidade anual e doze cursos com periodicidade semestral, sendo que dois cursos apresentam ênfases de aprofundamento de conhecimento. Dois cursos apresentaram conceito ENADE 5, seis cursos apresentaram conceito ENADE 4, quatro cursos apresentaram ENADE 3, três cursos apresentaram ENADE 2. Ressalta-se que não foi obtido nenhum documento pertinente das Instituições de Ensino Superior com conceito ENADE 1 (quadro 2).

De acordo com o e-MEC (2011) e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2011b), existem 411 cursos de bacharelado em Engenharia Civil na modalidade presencial em atividade no Brasil, desse total, somente 45,74% são avaliados pelo ENADE (tabela 2).

**Tabela 2** - Panorama dos cursos de Engenharia Civil do Brasil avaliados pelo ENADE.

<b>Conceito ENADE</b>	<b>Cursos de Engenharia Civil</b>	<b>% em relação ao total de cursos de Engenharia Civil</b>
<b>5</b>	15	3,65
<b>4</b>	21	5,11
<b>3</b>	46	11,19
<b>2</b>	59	14,36
<b>1</b>	11	2,68
<b>SC</b>	36	8,76
<b>TOTAL</b>	188	45,74

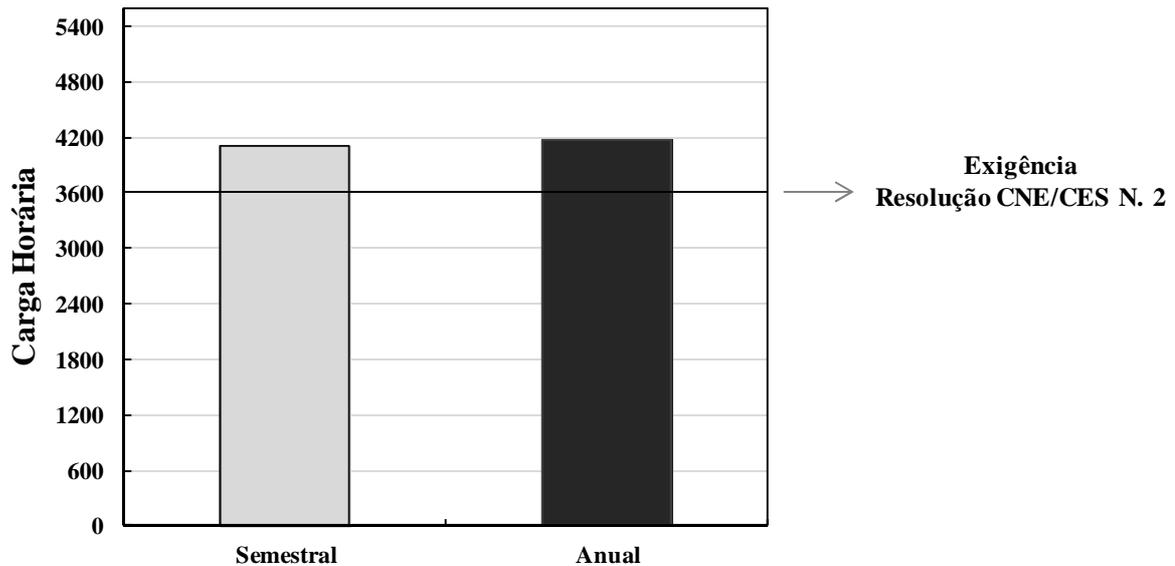
Fonte: Elaborada pela autora.

A não avaliação de 54,26% cursos de Engenharia Civil pelo ENADE, geram mais dúvidas sobre como estão sendo formados esses profissionais em relação à sustentabilidade e consequentemente a eficiência energética. Pois, o ENADE afere o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos constantes nas Diretrizes Curriculares Nacionais e estas diretrizes visam formar profissionais com habilidades e competências para compreender e influenciar a realidade mundial, considerando as várias dimensões da sustentabilidade, para o atendimento das demandas da sociedade, tão importantes para o conhecimento relevante da eficiência energética (BRASIL, 2004; BRASIL, 2002).

## **6.2 Cursos de Engenharia Civil e a Resolução CNE/CES N. 11**

A carga horária média dos quinze cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral e anual, foi de 4098,83 e 4172,33 horas, respectivamente (tabela 3 e 4). Observa-se que esses valores superaram as 3600 horas em 13,86% para os cursos com periodicidade semestral e 15,90% periodicidade anual, as exigidas pela Resolução CNE/CSE N. 2 (BRASIL, 2007) (gráfico 4).

Esses resultados não garantem uma boa qualidade na formação dos alunos, visto que, a carga horária maior nas duas modalidades podem ser resquícios ainda da Resolução Nº 48 do Ministério da Educação de 1976, apesar de ter sido revogada em 2002 pela aprovação das Diretrizes Curriculares Nacionais, como afirma Cordeiro et al. (2008).

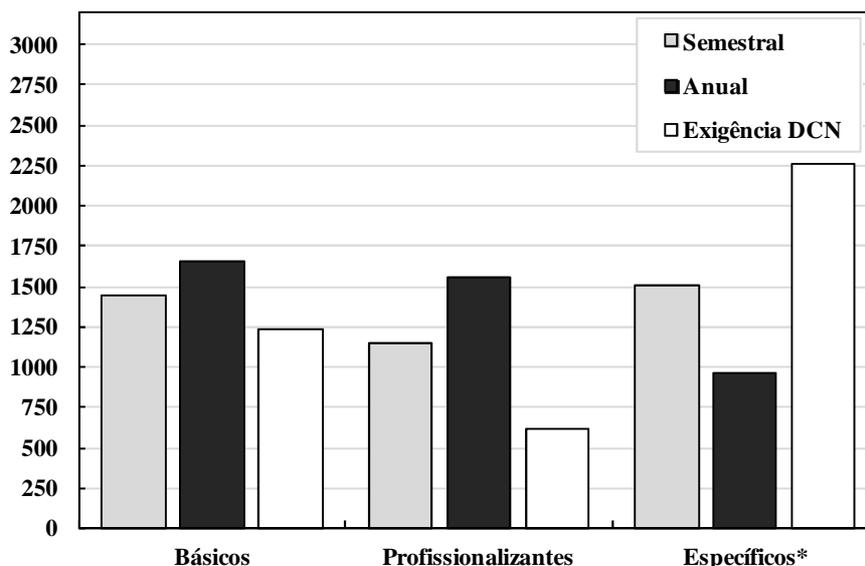


**Gráfico 4** - Comparação da carga horária média dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral e anual com a carga horária exigida pela Resolução CNE/CSE N. 2.

Fonte: Elaborada pela autora.

Ainda em relação aos resultados observados nas tabelas 3 e 4, inclui a média de 1442,33 e 1649,67 horas para o núcleo de conteúdos básicos, 1147,92 e 1561,33 horas para o núcleo de conteúdos profissionalizantes, 1078,50 e 557,67 horas para o núcleo de conteúdos específicos e, 430,08 e 403,67 para as atividades de síntese e integração do conhecimento, estágios e atividades complementares, nas periodicidades semestral e anual dos cursos estudados, respectivamente.

Os cursos analisados nas modalidades semestrais e anuais apresentaram a carga horária dos núcleos de conteúdos básicos e profissionalizantes maiores em comparação com as exigidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais, representando 17,30%, 34,16% e 86,71%, 153,95%, respectivamente, já o núcleo de conteúdos específicos apresentou carga horária expressivamente menor, na periodicidade semestral com 33,08% e anual 57,36% (gráfico 5).



**Gráfico 5** - Comparação da carga horária média para os núcleos básicos, profissionalizantes e específicos para os cursos com periodicidade semestral e anual em relação às exigências das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN).

\*: Carga horária do núcleo de conteúdos específicos e síntese e integração do conhecimento (estágio supervisionado, trabalho de conclusão de curso, seminários e atividades complementares).

Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados apresentados no gráfico 5 podem ter sido ocasionados, segundo Serra e Cordeiro (2006), pela grande dificuldade de separação dos conteúdos das disciplinas nos referidos núcleos de conteúdos, pois uma mesma disciplina pode possuir conteúdos de núcleos de conhecimentos distintos.

Cabe ressaltar, que de acordo com os resultados do núcleo de conteúdos específicos apresentados no gráfico 5, os cursos de Engenharia Civil não estão incorporando em seus projetos pedagógicos a possibilidade de flexibilização curricular permitidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais. Pois neste núcleo, de acordo com o § 4º do artigo 6 desta diretriz, estes conteúdos, consubstanciando o restante da carga horária total, serão propostos exclusivamente pela Instituições de Ensino Superior.

A carga horária total máxima e mínima variou entre 4860,00 e 3840,00 horas, respectivamente, com mediana de 3997,50 e desvio padrão de 285,29 para os cursos com periodicidade semestral (tabela 3). Já para os cursos com periodicidade anual, a carga horária máxima e mínima variou entre 4552,00 e 3960,00 horas, respectivamente, com mediana de 4005,00 e desvio padrão de 329,57 (tabela 4).

**Tabela 3** - Parâmetros curriculares dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral.

Núcleo de conteúdos	Carga horária semestral					
	Média	Mediana	Desvio padrão	Máximo	Mínimo	% do total
<b>Básicos</b>	1442,33	1470,00	204,86	1815,00	1020,00	35,19
<b>Profissionalizantes</b>	1147,92	1169,50	388,16	1800,00	576,00	28,01
<b>Específicos</b>	1078,50	1124,00	598,59	2034,00	120,00	26,31
<b>Síntese e integração do conhecimento</b>	430,08	380,00	149,47	648,00	240,00	10,49
<b>TOTAL</b>	4098,83	3997,50	285,29	4860,00	3840,00	100,00

Fonte: Elaborada pela autora.

**Tabela 4** - Parâmetros curriculares dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade anual.

Núcleo de conteúdos	Carga horária anual					
	Média	Mediana	Desvio padrão	Máximo	Mínimo	% do total
<b>Básicos</b>	1649,67	1770,00	252,05	1819,00	1360,00	39,54
<b>Profissionalizantes</b>	1561,33	1470,00	473,65	2074,00	1140,00	37,42
<b>Específicos</b>	557,67	585,00	476,59	1020,00	68,00	13,37
<b>Síntese e integração do conhecimento</b>	403,67	440,00	207,90	591,00	180,00	9,67
<b>TOTAL</b>	4172,33	4005,00	329,57	4552,00	3960,00	100,00

Fonte: Elaborada pela autora.

### 6.2.1 Núcleo de conteúdos básicos

Os gráficos 6 e 7 apresentam os resultados dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral e anual, respectivamente, para os tópicos do núcleo de conteúdos básicos.

Os resultados apresentados em ambos os gráficos foram calculados levando em consideração a média da carga horária desses cursos, ou seja, 1442,33 horas para cursos com periodicidade **semestral** (tabela 3) e 1649,67 horas para cursos com periodicidade **anual** (tabela 4), em relação à carga horária média total das disciplinas constituintes de cada tópico.

Assim, percebe-se que em ambos os gráficos, os tópicos Matemática e Física, apresentaram maiores porcentagens de carga horária. Nos cursos com periodicidade **semestral** e **anual**, estes tópicos apresentaram 31,51% - 17,25% e 27,8% - 15,92%,

respectivamente, em relação à carga horária média total deste núcleo (gráficos 6 e 7). Para Russell e Stouffer (2005) é reconhecido que os conteúdos relacionados com matemática e física apresentam uma expressiva carga horária na formação do Engenheiro Civil, que são distribuídos em três a quatro semestres.

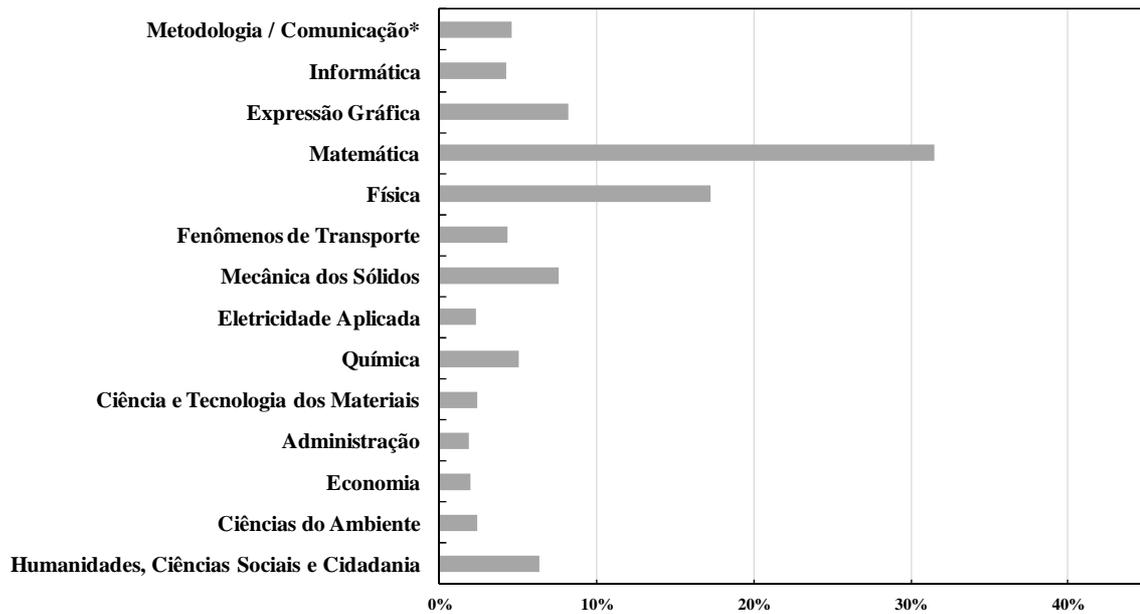
Posteriormente, para os cursos **semestrais**, os tópicos Expressão Gráfica, Mecânica dos Sólidos e Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania, resultaram em cargas horárias decrescentes em relação à carga horária média total (gráfico 6).

Já, para os cursos **anuais**, os tópicos Mecânica dos Sólidos, Expressão Gráfica, Informática, Metodologia Científica E Tecnológica/Comunicação e Expressão e Química, foram os que apresentaram resultados decrescentes em relação à carga horária média total (gráfico 7).

Os tópicos Metodologia Científica e Tecnológica/Comunicação e expressão, Informática, Fenômenos de Transportes, Eletricidade Aplicada, Química, Ciência e Tecnologia dos Materiais, Administração, Economia e Ciências do Ambiente, apresentaram resultados menos expressivos, ficando entre 1,85% e 4,99% em relação à carga horária média, da porcentagem mínima e máxima, respectivamente, para os cursos **semestrais** (gráfico 6).

Para os cursos **anuais**, os tópicos que apresentaram resultados menos expressivos foram: Fenômenos de Transportes, Eletricidade Aplicada, Ciência e Tecnologia dos Materiais, Administração, Economia, Ciências do Ambiente e Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania apresentando variação de 0,00% e 3,88% da porcentagem mínima e máxima, respectivamente (gráfico 7).

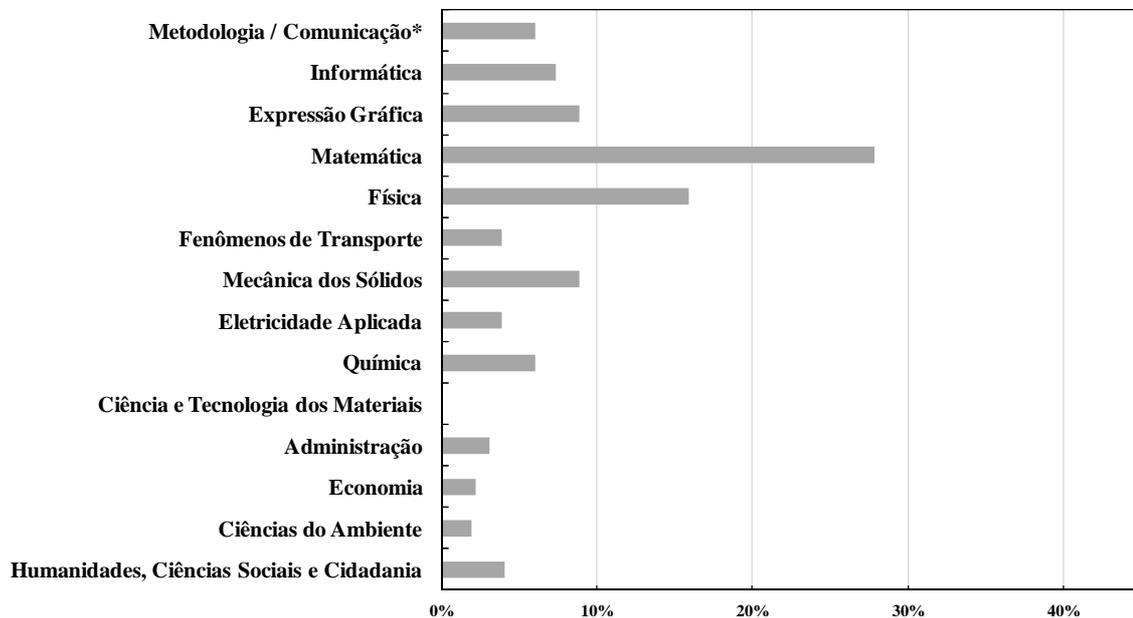
Os resultados apresentados nos gráficos 6 e 7, representam a carga horária das disciplinas obrigatórias dos cursos de Engenharia Civil e não oferecem opção por determinada ênfase.



**Gráfico 6** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos básicos contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral.

\*Metodologia Científica e Tecnológica/Comunicação e Expressão

Fonte: Elaborada pela autora.



**Gráfico 7** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos básicos contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual.

\*Metodologia Científica e Tecnológica/Comunicação e Expressão

Fonte: Elaborada pela autora.

Nos apêndices A e B encontram-se as cargas horárias das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos básicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral e anual, respectivamente.

#### 6.2.2 Núcleo de conteúdos profissionalizantes

Os gráficos 8 e 9 apresentam os resultados dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade semestral e anual, respectivamente, para os tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes.

Os resultados apresentados neste gráfico foram calculados levando em consideração a média da carga horária desses cursos, ou seja, 1147,92 horas (tabela 3) para os cursos com periodicidade **semestral** e 1561,33 horas (tabela 4) nos cursos com periodicidade **anual**, em relação à carga horária média total das disciplinas constituintes de cada tópico.

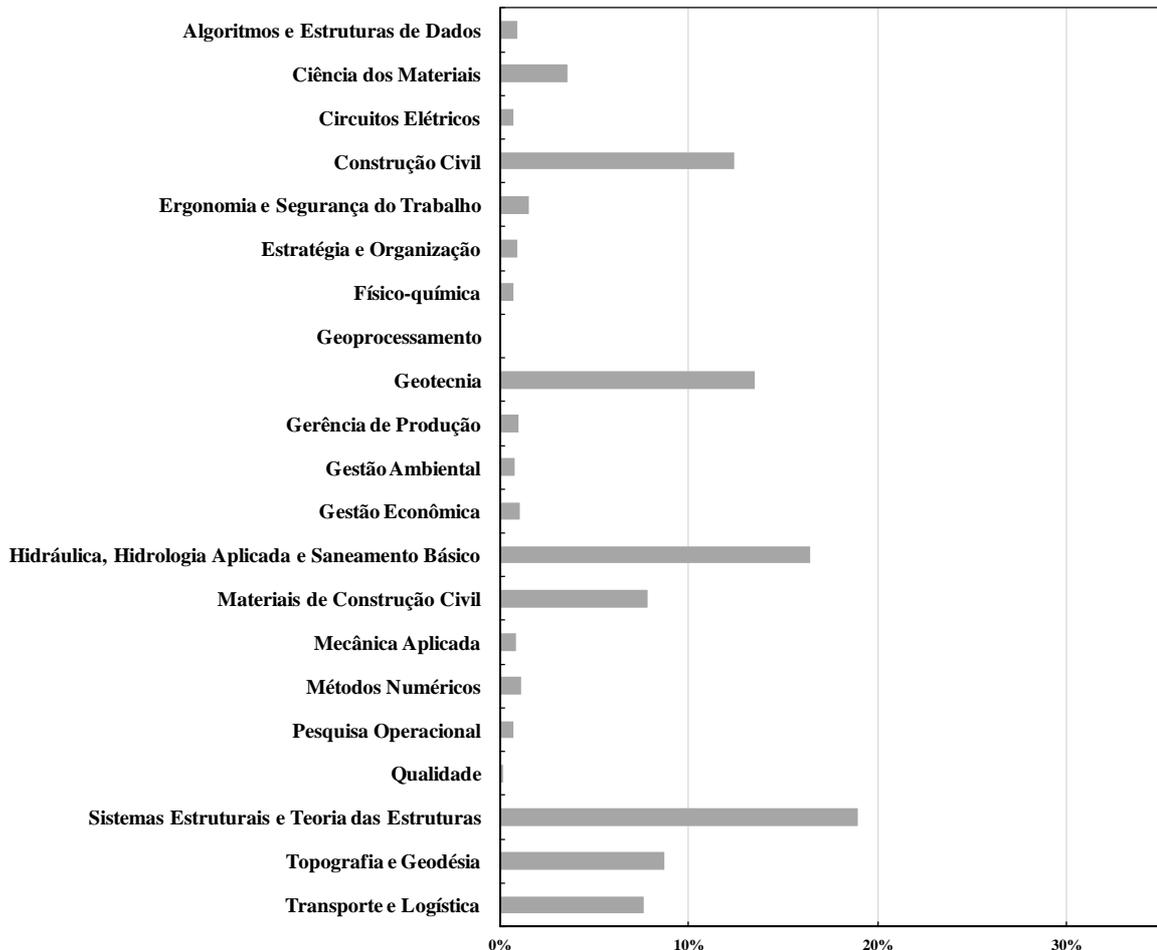
Os tópicos ciências dos materiais, construção civil, Geotecnia, Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico, Materiais de Construção Civil, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas, Topografia e Geodésia e Transporte e Logística deste núcleo, dos cursos **semestrais**, apresentaram maiores participações em relação à carga horária média total deste núcleo (gráfico 8).

Já para os cursos **anuais**, os tópicos Construção Civil, Geotecnia, Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico, Materiais de Construção Civil, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas, Topografia e Geodésia e Transporte e Logística apresentaram maiores representatividade em relação à porcentagem de carga horária média total deste núcleo (gráfico 9).

Os tópicos Algoritmos e Estruturas de Dados, Circuitos Elétricos, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Estratégia e organização, físico-química, Geoprocessamento, Gerência de Produção, Gestão Ambiental, Gestão Econômica, Mecânica Aplicada, Métodos Numéricos, Pesquisa Operacional e Qualidade apresentaram resultados menos expressivos, ou seja, uma variação de 0% e 1,55% da porcentagem mínima e máxima, respectivamente, nos cursos **semestrais** (gráfico 8).

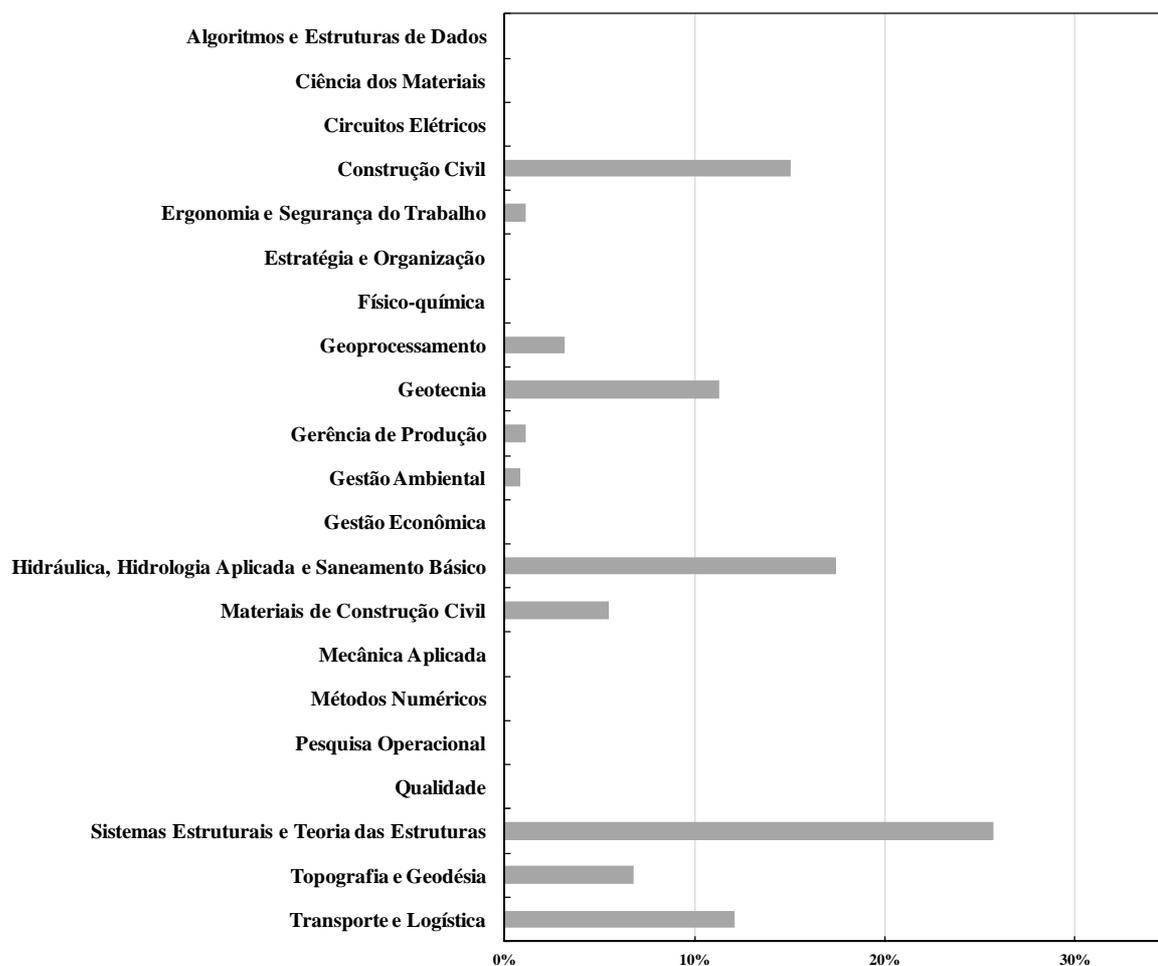
Os tópicos algoritmos e estruturas de dados, ciências dos materiais, Circuitos Elétricos, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Estratégia e organização, Físico-Química, Geoprocessamento, Gerência de Produção, Gestão Ambiental, Gestão Econômica, Mecânica Aplicada, Métodos Numéricos, Pesquisa Operacional e Qualidade apresentaram resultados menos expressivos nos cursos **anuais**, ou seja, uma variação de 0% e 3,16% da porcentagem mínima e máxima, respectivamente (gráfico 9).

Os resultados apresentados nos gráficos 8 e 9, representam a carga horária das disciplinas obrigatórias dos cursos de Engenharia Civil e não disponibilizam para o aluno a escolha por determinada ênfase.



**Gráfico 8** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral.

Fonte: Elaborada pela autora.



**Gráfico 9** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual.

Fonte: Elaborada pela autora.

Nos apêndices C e D encontram-se as cargas horárias das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral e anual, respectivamente.

### 6.2.3 Núcleo de conteúdos específicos

No gráfico 10 são apresentados os resultados dos doze cursos de Engenharia Civil com periodicidade **semestral** para os tópicos do núcleo de conteúdos específicos, levando em consideração as duas ênfases dos cursos H e J (quadro 2). Os três cursos com periodicidade

**anual**, conforme o gráfico 11, não apresentaram ênfases para os tópicos do núcleo de conteúdos específicos.

Os resultados apresentados em ambos os gráficos foram calculados levando em consideração a média da carga horária desses cursos no referido núcleo, ou seja, 1078,50 horas (tabela 3) para os cursos **semestrais** e 557,67 horas (tabela 4) para os cursos **anuais**, em relação à carga horária total das disciplinas constituintes de cada tópico.

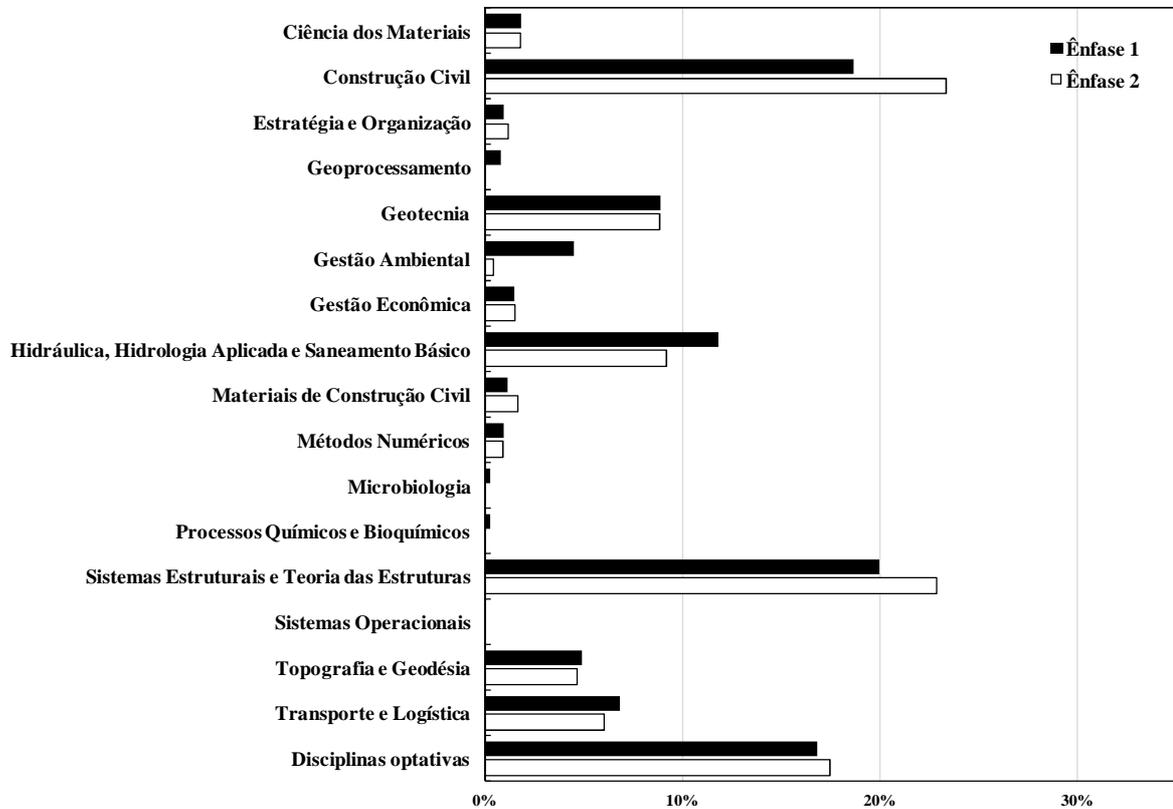
Em relação ao gráfico 10 para os cursos **semestrais**, os tópicos Construção Civil e Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas apresentaram maiores representatividades em relação à carga horária média total deste núcleo, para as ênfases 1 e 2. O tópico Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico alcançou o segundo lugar de representatividade. No terceiro lugar está o tópico Geotecnia que para ambas das ênfases apresentou 8,88% em relação à carga horária média total deste núcleo. Em quarto e quinto lugares estão os tópicos Transporte e Logística e Topografia e Geodésia. O restante dos tópicos, conforme o gráfico 10 apresentou cargas horárias menos expressivas.

Em relação ao gráfico 11, os tópicos Construção Civil, Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas, Geotecnia, Transporte e Logística, Sistemas Operacionais e Gestão Ambiental, apresentaram ordem decrescente de representatividade em relação à carga horária média total deste tópico para os cursos com periodicidade **anual**.

O tópico disciplinas optativas ou eletivas para os cursos **semestrais**, apresentaram 16,79% e 17,49% em relação à porcentagem de carga horária média total deste núcleo, para as ênfases 1 e 2, respectivamente. Já para os cursos **anuais** as disciplinas optativas corresponderam a 17,81%.

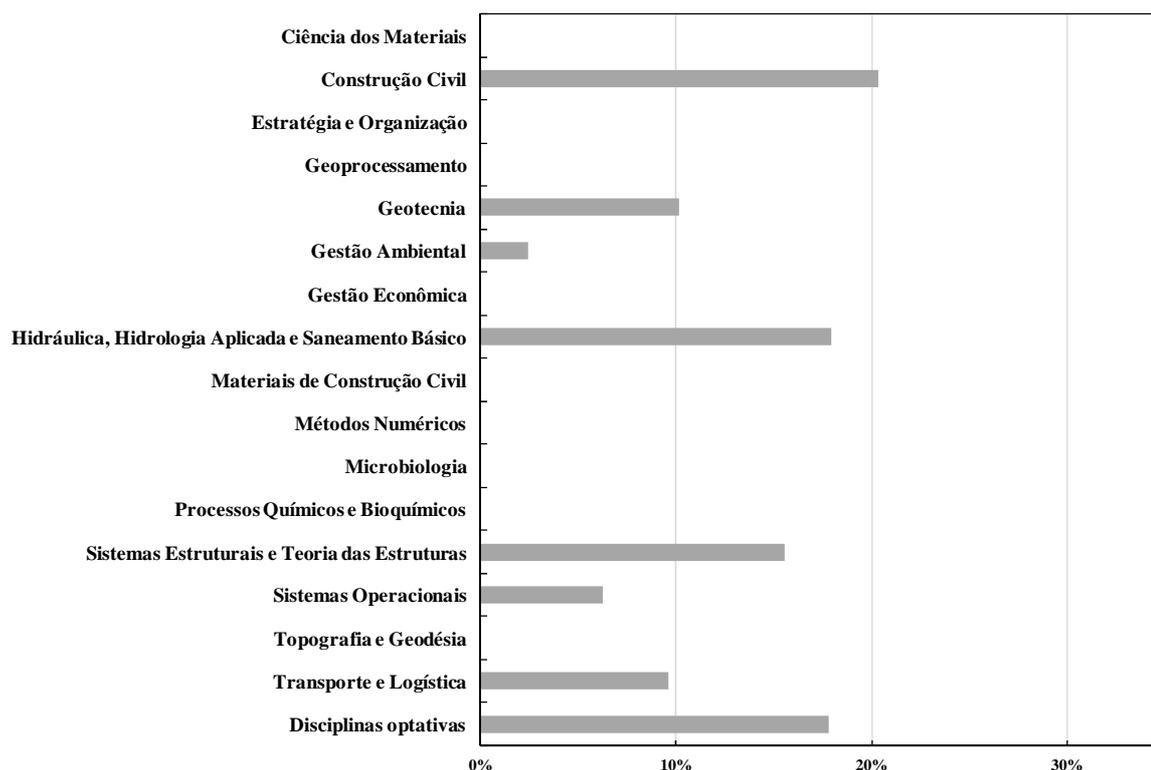
Cada Instituição de Ensino Superior regula a distribuição de disciplinas optativas ou eletivas de acordo com o perfil desejado do aluno a ser formado. Dessa forma, dos quinze cursos estudados, somente um curso de Engenharia Civil não apresentou nenhuma flexibilidade, pois não mencionou no projeto pedagógico a existência desse tipo de disciplina. Outro curso estipulou essas disciplinas em função das tendências do mercado de trabalho e do interesse e aptidões do corpo discente.

Para Russell e Stouffer (2005), as disciplinas optativas ou eletivas são uma forma de preparar os alunos para a prática profissional em uma especialidade dentro da Engenharia Civil. Entretanto, de acordo com o mesmo autor, o aumento do número dessa tipologia de disciplina pode acarretar na existência de um grande número de informações a ser apresentada ao aluno no curto período de sua formação. Deve ser levada em consideração também que a subdivisão de disciplinas ou conteúdos pode tornar o ensino da engenharia cada vez mais compartimentado e sem a devida integração com outras disciplinas, que é um fator negativo para a busca pela inserção da sustentabilidade nos cursos de Engenharia Civil.



**Gráfico 10** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos específico contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral e ênfases 1 e 2.

Fonte: Elaborada pela autora.



**Gráfico 11** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo de conteúdos específicos contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual.

Fonte: Elaborada pela autora.

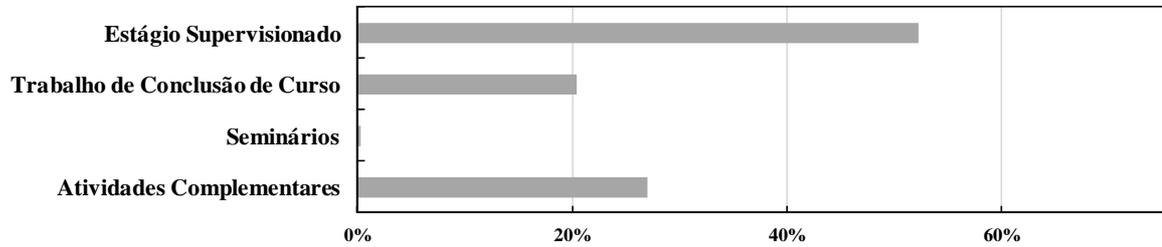
Nos apêndices E e F encontram-se as cargas horárias das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos específicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade **semestral** e **anual**, respectivamente.

#### 6.2.4 Síntese e integração do conhecimento

Os gráficos 12 e 13 apresentam os resultados dos cursos de Engenharia Civil com periodicidade **semestral** e **anual**, respectivamente, para os tópicos incluídos no núcleo de conteúdos específicos denominados por: estágio supervisionado, trabalho de conclusão de curso, seminários e atividades complementares.

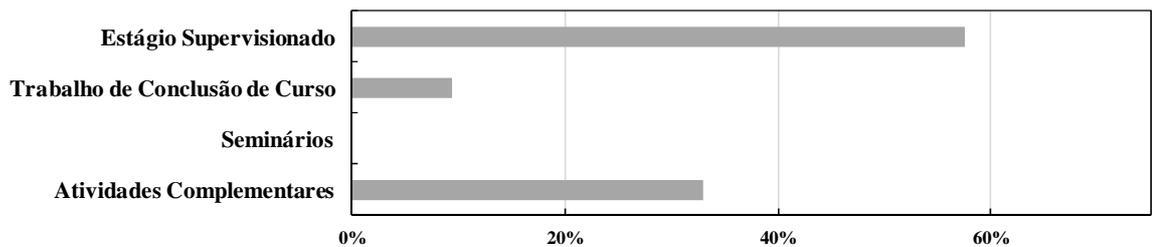
Os resultados apresentados neste gráfico foram calculados levando em consideração a média da carga horária desses cursos, ou seja, 430,08 horas (tabela 3) para os cursos

**semestrais** e 403,67 horas (tabela 4) para os cursos **anuais**, em relação à carga horária total de cada tópico.



**Gráfico 12** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo síntese e integração do conhecimento, contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade semestral.

Fonte: Elaborada pela autora.



**Gráfico 13** - Porcentagem em relação à média dos tópicos do núcleo síntese e integração do conhecimento, contemplados pelos cursos de Engenharia Civil na periodicidade anual.

Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados encontrados foram semelhantes nas duas periodicidades, sendo a ordem decrescente de importância os tópicos: Estágio Supervisionado, Trabalho de Conclusão de Curso, Atividades Complementares e Seminários.

## 7 INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO E INSERÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados referentes à formação do instrumento de avaliação e inserção da eficiência energética e aplicação do instrumento em ementas de disciplinas dos cursos de Engenharia Civil.

### 7.1 Formação do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética

A estruturação do instrumento de identificação e inserção da eficiência energética formado, a partir das certificações da construção sustentável brasileira: Alta Qualidade Ambiental (AQUA), Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais (RTQ-R) e Selo Casa Azul CAIXA, compôs-se em duas etapas descritas a seguir.

**Etapa 1:** Transcrição da categoria 4 da certificação AQUA – Gestão da energia, da categoria 3 do Selo Casa Azul CAIXA– Eficiência energética e das prescrições da Etiquetagem de Eficiência Energética, representada pelo RTQ-R. Seleção dos requisitos comuns as três certificações, representada pelo contornos em vermelho, amarelo, azul e verde.

AQUA	Selo Casa Azul CAIXA	RTQ-R
<b>Gestão da Energia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica</b> – transmitância térmica da envoltória, aptidão do edifício para reduzir a demanda instalada (equipamentos e</li> </ul>	<b>Eficiência Energética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Lâmpadas de baixo consumo – áreas privativas</b> – lâmpadas de baixo consumo e potencia adequada;</li> <li>▪ <b>Dispositivos economizadores – áreas comuns</b> – sensores de presença, minuterias, lâmpadas eficientes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Envoltória</b> – pré-requisitos da envoltória (transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies, ventilação natural (percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação, ventilação cruzada, ventilação controlável),</li> </ul>

necessidades energéticas, partido arquitetônico);

▪ **Energias locais renováveis**

- **Redução do consumo de energia primária não renovável Cep** – estudo térmico para o nível de consumo de energia para controle da temperatura interna e demais equipamentos, estudo energético para o nível de consumo de energia para demais equipamentos, controle da eficiência energética (sistemas de aquecimento de água e iluminação artificial nas áreas comuns), controle do consumo de energia nas áreas comuns (lâmpadas fluorescentes, temporizadores, circuito elétrico de iluminação do *hall* independente, tubo fluorescente com reator eletrônico, luminárias de alto desempenho, comandos por detector de presença associados a sensor fotoelétrico, detectores crepusculares, luminárias com refletores orientados para o solo,

- **Sistemas de aquecimento solar** – sistema de aquecimento solar de água com coletores com selo Ence/Procel, fração solar, aquecimento auxiliar com reservatório dotado de resistência elétrica, termostato e *timer*, chuveiro elétrico ou aquecedor a gás projetado e operado em série com o sistema solar, certificação de equipamentos pela Qualisol;

- **Sistema de aquecimento a gás** – aquecedor de água de passagem a gás com selo Ence/Conpet ou classificados na categoria nível A do PBE do Conpet/Inmetro;

- **Medição individualizada – gás** – medidores individuais certificados pelo Inmetro;

- **Elevadores eficientes** – sistema com controle inteligente de tráfego;

- **Eletrodomésticos eficientes** – eletrodomésticos com selo Procel ou Ence nível A;

- **Fontes alternativas de energia** – painéis fotovoltaicos e gerador eólico.

iluminação natural), método prescritivo para a determinação da eficiência da envoltória (eficiência quando naturalmente ventilada, eficiência quando condicionada artificialmente), método da simulação para a determinação da eficiência da envoltória (modelagem da envoltória, simulação da edificação naturalmente ventilada, simulação da edificação condicionada artificialmente, equivalente numérico da envoltória);

- **Sistema de aquecimento de água** – pré-requisito do sistema de aquecimento de água, procedimento para a determinação da eficiência (sistema de aquecimento solar – pré-requisito sistema de aquecimento solar, método do prescritivo para determinação da eficiência, método da simulação para a determinação da eficiência), sistema de aquecimento a gás (pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás, aquecedores a gás classificado pelo

luminárias dispostas de maneira a não serem encobertas pela vegetação, iluminância apropriada, instalação do elevador de forma a limitar o consumo de energia);

- **Produção de água quente** – distância entre a produção de água quente e o ponto de utilização, desempenho mínimo do sistema, aquecedor individual a gás, aquecedor de acumulação elétrico, aquecimento solar de água individual e coletivo, coletores solares e reservatórios, instalação de sistema de aquecimento solar.

PBE, aquecedores a gás não presente no PBE), bombas de calor, sistema de aquecimento elétrico (aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas, aquecedores elétricos de hidromassagem, aquecedores elétricos de acumulação – boiler) e caldeiras a óleo;

- **Áreas de uso comum** – procedimento para a determinação da eficiência nas áreas de uso frequente (iluminação artificial, bombas centrífugas e elevadores), envoltória das áreas de uso eventual, procedimento para a determinação da eficiência nas áreas de uso eventual (iluminação artificial, equipamentos, sistema de aquecimento de água, sauna);
- **Bonificações** – ventilação natural (método prescritivo e simulação), iluminação natural (método prescritivo e simulação), uso racional da água, condicionamento artificial de ar, iluminação artificial,

---

ventiladores de teto, refrigeradores e medição individualizada, iluminação natural em áreas comuns de uso frequente, ventilação natural em áreas comuns de uso frequente.

---

**Etapa 2:** União e transcrição dos requisitos comuns (contornos em vermelho, amarelo, azul e verde) das três categorias das certificações AQUA, Selo Casa Azul CAIXA e RTQ-R. Transcrição dos requisitos não comuns e simplificação.

---

### **1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica:**

- Aptidão do edifício para reduzir a demanda instalada (equipamentos e necessidades energéticas, partido arquitetônico);
- Envolória: transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies, ventilação natural (percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação, ventilação cruzada, ventilação controlável), iluminação natural;
- Método prescritivo para a determinação da eficiência da envoltória (eficiência quando naturalmente ventilada, eficiência quando condicionada artificialmente);
- Método da simulação para a determinação da eficiência da envoltória (modelagem da envoltória, simulação da edificação naturalmente ventilada, simulação da edificação condicionada artificialmente, equivalente numérico da envoltória).

### **2. Fontes alternativas de energia:**

- Energias locais renováveis, painéis fotovoltaicos e gerador eólico.
-

---

### **3. Redução do consumo de energia primária não renovável Cep:**

- Estudo térmico para o nível de consumo de energia para controle da temperatura interna e demais equipamentos;
- Estudo energético para o nível de consumo de energia para demais equipamentos;
- Controle da eficiência energética (sistemas de aquecimento de água e iluminação artificial nas áreas comuns).

#### **3.1 Controle do consumo de energia nas áreas comuns:**

- Procedimento para a determinação da eficiência nas áreas de uso frequente (iluminação artificial, bombas centrífugas e elevadores);
- Procedimento para a determinação da eficiência nas áreas de uso eventual (iluminação artificial, equipamentos, sistema de aquecimento de água, sauna);
- Sistema com controle inteligente de tráfego;
- Dispositivos economizadores (lâmpadas fluorescentes, temporizadores, circuito elétrico de iluminação do *hall* independente, tubo fluorescente com reator eletrônico, luminárias de alto desempenho, comandos por detector de presença associados a sensor fotoelétrico, detectores crepusculares, luminárias com refletores orientados para o solo, luminárias dispostas de maneira a não serem encobertas pela vegetação, iluminância apropriada, instalação do elevador de forma a limitar o consumo de energia).

#### **3.2 Lâmpadas de baixo consumo em áreas privativas:**

- Lâmpadas de baixo consumo e potencia adequada.

#### **3.3 Eletrodomésticos eficientes:**

- Eletrodomésticos com selo Procel ou Ence nível A.
-

---

#### **4 Sistema de aquecimento de água:**

- Distância entre a produção de água quente e o ponto de utilização;
- Desempenho mínimo do sistema de aquecimento de água quente;
- Aquecedor de acumulação elétrico, bombas de calor, sistema de aquecimento elétrico (aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas, aquecedores elétricos de hidromassagem, aquecedores elétricos de acumulação – boiler);
- Caldeiras a óleo.

##### **4.1 Sistemas de aquecimento solar:**

- Sistema de aquecimento solar de água com coletores com selo Ence/ Procel, fração solar,
- Aquecimento auxiliar com reservatório dotado de resistência elétrica, termostato e *timer*;
- Chuveiro elétrico ou aquecedor a gás projetado e operado em série com o sistema solar;
- Certificação de equipamentos pela Qualisol;
- Método prescritivo e simulação computacional para determinação da eficiência.

##### **4.2 Sistema de aquecimento a gás:**

- Aquecedor de água de passagem a gás com selo Ence/Conpet ou classificados pelo PBE do Conpet/Inmetro;
  - Aquecedores a gás não classificados pelo PBE.
-

---

## 5 Bonificações:

- Ventilação natural (método prescritivo e simulação computacional);
  - Iluminação natural (método prescritivo e simulação);
  - Condicionamento artificial de ar,
  - Iluminação artificial;
  - Ventiladores de teto, refrigeradores e medição individualizada.
- 

Assim, o instrumento de identificação e inserção da eficiência energética compôs-se de cinco categorias, denominadas por:

1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica;
2. Fontes alternativas de energia;
3. Redução do consumo de energia primária não renovável (Cep);
4. Sistema de aquecimento de água;
5. Bonificações;

Kevern (2011) utilizou como apoio, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) para a introdução de conceitos e tecnologias de edificações sustentáveis em um curso para Engenheiros Cíveis. Forma semelhante foi utilizada nesse estudo, utilizando o instrumento originado por três certificações da construção sustentável brasileira, para identificar e inserir a eficiência energética em tópicos dos núcleos das Diretrizes Curriculares Nacionais.

### 7.2 Os conteúdos programáticos ou ementas das disciplinas e a eficiência energética

Neste subitem são apresentados os resultados envolvendo a investigação da temática eficiência energética em ementas ou conteúdos programáticos de disciplinas dos cursos de Engenharia Civil.

### 7.2.1 Disciplinas dos cursos de Engenharia Civil que contemplam a eficiência energética

Após a revisão de todos os conteúdos programáticos ou ementas das disciplinas dos cursos de Engenharia Civil, identificou-se explicitamente uma disciplina optativa ou eletiva, denominada Eficiência Energética no núcleo de conteúdos específicos na Instituição de Ensino Superior G. O mesmo aconteceu na disciplina optativa ou eletiva Sustentabilidade no Ambiente Construído na Instituição de Ensino Superior D, também no núcleo de conteúdos específicos, possuindo o conteúdo programático denominado eficiência energética (quadro 3).

**Quadro 3** - Disciplinas que contemplaram diretamente a eficiência energética.

<b>Cursos de Engenharia Civil</b>	<b>Disciplinas</b>	<b>Tipologia</b>
D	Sustentabilidade no Ambiente Construído	Optativa ou eletiva
G	Eficiência Energética	Optativa ou eletiva

Fonte: Elaborada pela autora.

As disciplinas citadas sendo optativas ou eletivas remeteriam a uma maior flexibilidade dos cursos, pois correspondem a um maior número de opções para a escolha de disciplinas pelo aluno.

A flexibilidade adquirida pelas disciplinas eletivas ou optativas permite ao aluno a possibilidade de transitar entre perfis de formação diferente vindo ao encontro das prescrições das Diretrizes Curriculares Nacionais (SILVEIRA, 2005; RUSSELL; STOUFFER, 2005). Por outro lado, sendo essas disciplinas de livre opção pelo aluno, pode acarretar que na formação de alguns alunos não esteja presente essa temática e prejudicando assim, a consciência desse profissional da necessidade do desenvolvimento sustentável da sociedade.

Foi identificada a temática eficiência energética, indiretamente, nas seguintes disciplinas: disciplina optativa Auditoria Energética no núcleo de conteúdos específicos da Instituição de Ensino Superior M; disciplina optativa Planejamento e Gestão Ambiental no núcleo de conteúdos específicos da Instituição de Ensino Superior A; disciplina optativa Energia no núcleo de conteúdos específicos da Instituição de Ensino Superior N; e na disciplina Engenharia Ambiental no núcleo de conteúdos específicos da Instituição de Ensino Superior O (quadro 4).

Após a revisão de todos os conteúdos programáticos ou ementas das disciplinas dos cursos de Engenharia Civil, identificou-se explicitamente seis disciplinas optativas ou eletivas, denominadas: Planejamento e Gestão Ambiental, Conforto no Ambiente Construído, Conforto Luminoso, Conforto Térmico, Auditoria Energética e Energia, nas Instituições de Ensino Superior A, C, G, G, M e N, respectivamente. As disciplinas obrigatórias corresponderam a cinco, denominadas por: Arquitetura e Conforto Ambiental, Conforto Ambiental, Elementos de Arquitetura, Fenômenos de Transferência Aplicados e Engenharia Ambiental, nas Instituições de Ensino Superior G, J, N, N e O, respectivamente. (quadro 4).

**Quadro 4** - Disciplinas que contemplaram indiretamente a eficiência energética.

<b>Cursos de Engenharia Civil</b>	<b>Disciplinas</b>	<b>Tipologia</b>
A	Planejamento e Gestão Ambiental	Optativa ou eletiva
C	Conforto no Ambiente Construído	Optativa ou eletiva
G	Arquitetura e Conforto Ambiental	Obrigatória
G	Conforto Luminoso	Optativa ou eletiva
G	Conforto Térmico	Optativa ou eletiva
J	Conforto Ambiental	Obrigatória
M	Auditoria Energética	Optativa ou eletiva
N	Energia	Optativa ou eletiva
N	Elementos de Arquitetura	Obrigatória
N	Fenômenos de Transferência Aplicados	Obrigatória
O	Engenharia Ambiental	Obrigatória

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim, o número reduzido de conteúdos ou disciplinas envolvendo a eficiência energética, reflete o que já havia sido comentado anteriormente por Cordeiro et al. (2008),

sobre a resistência de muitos professores em mudar suas velhas práticas de ensinar, que pode ser resultante mais por falhas na sua formação como educador do que pela disposição em inovar em suas atividades docentes.

As perdas para a sociedade decorrente da não exposição durante a formação dos alunos de Engenharia Civil aos conceitos envolvendo a eficiência energética vão desde ao consumo elevado de energia elétrica em edificações até a perda do mínimo conforto aos usuários de residências populares. O mesmo afirma Tonini e Pinto (2008), que as disciplinas envolvendo a eficiência energética, são extremamente importantes, pois proporcionam um vasto campo de desenvolvimento de atividades acadêmicas que levem o engenheiro a experimentar os conhecimentos técnicos, aplicando-os também na dimensão social da sustentabilidade.

#### 7.2.2 Proposta de inserção da eficiência energética em disciplinas dos cursos de Engenharia Civil utilizando a Resolução CNE/CES N. 11

Devido ao baixo número de disciplinas que contemplam essa temática de acordo com os resultados expostos no item 6.4.1, foi realizada neste estudo, uma proposta de inserção da eficiência energética em disciplinas de cursos de Engenharia Civil, partindo da avaliação dos conteúdos programáticos ou ementas de disciplinas.

Dessa forma, utilizando o instrumento de identificação e inserção da eficiência energética, pode-se identificar em quais tópicos dos núcleos de conteúdos das Diretrizes Curriculares Nacionais pode ser inserida a eficiência energética.

Partiu-se do princípio que a eficiência energética deve ser inserida em disciplinas existentes nos tópicos dos núcleos de conteúdos, de forma a não aumentar a carga horária praticada pelos cursos de Engenharia Civil, como recomendam Allenby et al. (2009) e Kevern (2011).

Os quadros 5, 6 e 7 apresentam a proposta com base nos resultados referentes à inserção da eficiência energética nos tópicos do núcleo de conteúdos básicos, profissionalizantes e específicos das Diretrizes Curriculares Nacionais.

**Quadro 5** - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos básicos.

Tópicos do núcleo de conteúdos básicos	Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética				
	1	2	3	4	5
<b>Expressão Gráfica</b>	X		X	X	X
<b>Física</b>	X	X	X	X	X
<b>Fenômenos de Transporte</b>	X				
<b>Eletricidade Aplicada</b>		X	X	X	X
<b>Química</b>	X				
<b>Ciência e Tecnologia dos Materiais</b>	X				
<b>Ciências do Ambiente</b>	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborada pela autora.

1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica;
2. Fontes alternativas de energia;
3. Redução do consumo de energia primária não renovável (Cep);
4. Sistema de aquecimento de água;
5. Bonificações;

Nos tópicos: **Física e Ciências do Ambiente** a eficiência energética poderia ser inserida em sua totalidade.

No tópico **Física** o item 1 do instrumento poderia ser representado pela disciplina Laboratório de Física, pois abordam conteúdos como a calorimetria. O item 2, 3, 4 e 5 poderia ser inserido em disciplinas como Física e Laboratório de Física que contemplam as seguintes temáticas: experimentos envolvendo os conteúdos de eletricidade e eletromagnetismo: carga elétrica, campo elétrico, potencial elétrico, capacitores e dielétricos, corrente elétrica, resistência elétrica, circuitos elétricos e geradores, campo magnético, indução eletromagnética, propriedades magnéticas da matéria, circuitos elétricos de corrente alternada, óptica: princípios de óptica geométrica, princípios de óptica física.

A abordagem de princípios básicos de calorimetria e eletricidade em disciplinas do tópico Física poderia servir como introdução para o estudo da eficiência energética.

Para o tópico **Ciências do Ambiente**, disciplinas como Engenharia Civil e Meio Ambiente poderiam servir para que o aluno tenha uma visão geral sobre a importância da

eficiência energética, servindo como introdução a esse tema, pois essas disciplinas abordam conteúdos como: a Engenharia Civil e Meio Ambiente Conceitos Básicos de Ecologia, Ecossistemas, Ciclos Biogeoquímicos, Poluição e Degradação Ambiental: solo, água, ar, meio ambiente, saneamento e saúde pública, impactos ambientais relacionados à Engenharia Civil.

O tópico **Expressão Gráfica** poderia abordar os itens 1, 3, 4 e 5 por meio de disciplinas como Desenho Técnico Civil, que contemplam conteúdos como: interpretação e confecção de projeto gráfico para construção civil, elevações, desenho de fundações, estrutura, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias. A área mínima de aberturas de janelas em edificações para proporcionar conforto térmico e lumínico adequado aos usuários são exemplos de temas que poderiam ser abordados em disciplinas presentes neste tópico.

Já nos tópicos **Fenômenos de Transporte, Química e Ciência e Tecnologia dos Materiais** poderia ser inserido o item 1 do instrumento, sendo representado por disciplinas como: Fenômenos de Transporte, Materiais de Construção Civil. Estas disciplinas abordam conteúdos como: propriedades termodinâmicas e de transporte das substâncias, conceitos básicos de transferência de calor por condução, conceitos básicos de transferência de calor por convecção, conceitos básicos de transferência de calor por radiação, e o estudo das propriedades dos materiais madeiras, metais, materiais cerâmicos, tintas, vernizes, lacas e esmaltes, plásticos e outros materiais.

No tópico **Eletricidade Aplicada** poderia ser inserido os itens 2, 3, 4 e 5, pois as disciplinas deste tópico abordam temas como: conceitos básicos de eletricidade aplicada em instalações elétricas prediais, símbolos gráficos para instalações elétricas prediais, dispositivos de comandos de iluminação e sinalização, fornecimento de energia elétrica, aterramento em instalações elétricas, proteção em instalações elétricas prediais, previsão de cargas e divisão de circuitos elétricos, condutores elétricos, eletrodutos para instalações elétricas, luminotécnica, projeto técnico de instalações elétrica predial.

**Quadro 6** - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos profissionalizantes.

Tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes	Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética				
	1	2	3	4	5
<b>Circuitos Elétricos</b>		X	X	X	X
<b>Construção Civil</b>	X	X	X	X	X
<b>Gestão Ambiental</b>	X	X	X	X	X
<b>Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico</b>			X	X	
<b>Materiais de Construção Civil</b>	X				
<b>Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas</b>	X				

Fonte: Elaborada pela autora.

1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica;
2. Fontes alternativas de energia;
3. Redução do consumo de energia primária não renovável (Cep);
4. Sistema de aquecimento de água;
5. Bonificações;

No núcleo de conteúdos profissionalizantes os tópicos: **Construção Civil e Gestão Ambiental** poderiam contemplar a eficiência energética em sua totalidade. Os conteúdos de disciplinas como construção de edifícios, instalações hidráulicas e sanitárias, tecnologia da construção civil são alguns exemplos.

O tópico **Circuitos Elétricos** contempla disciplinas como: Teoria das Instalações Elétricas Prediais e Laboratório de Física que abrangeriam os itens 2, 3, 4 e 5 do instrumento.

O tópico **Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico** poderia contemplar os itens 3 e 4 do instrumento. São exemplos de disciplinas presentes neste tópico: Instalações Hidráulicas e Sanitárias, que contemplam temáticas como escolhas de bombas centrífugas e projetos de instalações prediais de água quente.

Os tópicos **Materiais de Construção Civil e Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas** poderiam contemplar o item 1 do instrumento. São exemplos de disciplinas presentes neste tópico: Materiais de Construção Civil e Estruturas de Concreto Armado, que

contemplam conteúdos como: propriedades dos materiais, normas técnicas, agregados, aglomerantes, argamassas, concretos, aditivos para concretos, metais, produtos siderúrgicos, materiais cerâmicos, vidros, polímeros e plásticos, tintas e dimensionamento e detalhamento das lajes. Neste último tópico, a abordagem da eficiência energética poderia ser em relação à espessura mínima de lajes que proporcionariam conforto térmico adequado aos usuários de edificações.

**Quadro 7** - Proposta da inserção da eficiência energética no núcleo de conteúdos específicos.

<b>Tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes</b>	<b>Instrumento de identificação e inserção da eficiência energética</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Construção Civil</b>	X	X	X	X	X
<b>Gestão Ambiental</b>	X	X	X	X	X
<b>Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico</b>		X	X	X	X
<b>Materiais de Construção Civil</b>	X				
<b>Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas</b>	X				

Fonte: Elaborada pela autora.

1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica;
2. Fontes alternativas de energia;
3. Redução do consumo de energia primária não renovável (Cep);
4. Sistema de aquecimento de água;
5. Bonificações;

No núcleo específico foi encontrado resultado semelhante ao núcleo de conteúdos profissionalizantes em relação aos tópicos **construção civil** e **gestão ambiental**, onde o instrumento pode ser inserido em sua totalidade.

O Tópico **Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico** contemplou os itens 2, 3, 4 e 5 do instrumento, sendo exemplo de disciplinas deste tópico: Planejamento e Gestão Ambiental e Instalações Prediais: Hidráulicas, Sanitárias e Gás e Instalações Prediais Especiais.

Já para os tópicos **Materiais de Construção Civil e Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas** abrangeriam somente o item 1 do instrumento, sendo exemplo de disciplinas: Materiais de Construção Civil e Estruturas de Madeira e Concreto Armado.

Assim, observando a variedade de tópicos dos três núcleos que são passíveis de inserção da eficiência energética, condizem com as exigências para a concepção de projetos mais sustentáveis, sobre a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas. O mesmo afirma Chau (2007) e Chunduri, Zhu e Bayraktar (2011), onde a abordagem multidisciplinar contribui para que os alunos adquiram informações de mais de uma disciplina, sendo este tipo de conhecimento fundamental para se trabalhar em equipes interdisciplinares.

Ressalta-se, que as temáticas que compõem a eficiência energética por envolver a área ambiental são necessárias constantes atualizações, pois o mundo está em um momento de incerteza e transformação, principalmente em relação ao meio ambiente. Em decorrência disso, os cursos de Engenharia Civil em sua maioria, não estão de adaptando a essa nova realidade em relação às novas exigências para os profissionais da Engenharia Civil (WANG, 2009; KEVERN, 2011).

Uma alternativa interessante para se introduzir a eficiência energética nas disciplinas pertencentes aos tópicos dos núcleos conforme os quadros 5, 6 e 7, seria o estudo de Wang (2009) destinado à composição do conhecimento sobre a sustentabilidade. Isto auxiliaria as Instituições de Ensino Superior na seleção das disciplinas dos cursos de Engenharia Civil de acordo com os tópicos já citados a introduzir a eficiência energética.

## ***8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS***

---

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais deste estudo e sugestões para futuras pesquisas envolvendo a eficiência energética no ensino da Engenharia Civil.

### **8.1 Considerações finais**

Os cursos de Engenharia Civil com conceito no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), em sua maioria, ainda não estão respeitando a legislação vigente, pois não estão disponibilizando o projeto pedagógico ou grade curricular com ementas ou conteúdos programáticos das disciplinas em página eletrônica do respectivo curso ou estão de difícil acesso.

Cabe ressaltar, que mais da metade dos cursos de bacharelado em Engenharia Civil na modalidade presencial em atividade no Brasil não estão sendo avaliados pelo ENADE. Isso pode gerar mais dúvidas sobre a formação desses profissionais em relação à eficiência energética, pois o ENADE segue as prerrogativas das Diretrizes Curriculares Nacionais.

A carga horária média dos quinze cursos de Engenharia Civil amostrados, superou as 3600 horas exigidas pela Resolução CNE/CSE N. 2. Isso pode ter sido ocasionada pela prática ainda dos princípios da Resolução Nº 48 do Ministério da Educação de 1976, revogada em 2002 pela aprovação das Diretrizes Curriculares Nacionais. Outra possibilidade é a de que com o grau de especialização atingido pelos docentes propositores de ementas, e o conseqüente domínio maior do conhecimento, as propostas podem acabar por se aprofundarem em detalhes mais específicos no próprio conteúdo básico, tendo como conseqüência o aumento da carga horária. Essa possibilidade requereria um estudo mais direcionado a este fim, com uma investigação mais diretamente ligada ao corpo docente.

Outra questão pode também ser a grande dificuldade de separação dos conteúdos das disciplinas de acordo com os núcleos de conteúdos. Essa pode ser a razão da carga horária

média do núcleo de conteúdos básicos e profissionalizantes nas duas periodicidades, serem maiores do que as exigências das Diretrizes Curriculares Nacionais. Já para o núcleo de conteúdos específicos, foi observado o contrário nas duas periodicidades. Nesse caso também pode ser devido à dificuldade de separação de conteúdos de acordo com o núcleo de conteúdos ou ainda pelo não aproveitamento pelos cursos de Engenharia Civil da possibilidade de flexibilização curricular permitidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais.

Em relação à composição do núcleo de conteúdos básicos, os tópicos matemática e física apresentaram maiores porcentagens de carga horária nas periodicidades anual e semestral, sendo reconhecido que estes tópicos apresentam uma expressiva carga horária na formação do Engenheiro Civil. No núcleo de conteúdos profissionalizantes e específicos, os tópicos que apresentaram maiores cargas horárias foram: construção civil, geotecnia, hidráulica, hidrologia aplicada e saneamento básico e sistemas estruturais e teoria das estruturas, representando mais da metade de carga horária destes núcleos nas duas periodicidades. Os tópicos pertencentes à síntese e integração do conhecimento, apresentaram resultados de carga horária semelhantes nas duas periodicidades, sendo que em ordem decrescente de importância dos tópicos é dada por: estágio supervisionado, trabalho de conclusão de curso, atividades complementares e seminários.

Em relação às disciplinas optativas ou eletivas, a maioria dos cursos apresentou flexibilidade de escolha dessa tipologia de disciplina pelo aluno. Isso seria um fator positivo, pois permite que o aluno se especialize dentro de uma determinada área de interesse da Engenharia Civil. Por outro lado, o aumento do número dessa tipologia de disciplina pode acarretar na existência de um grande número de informações a serem apresentadas ao aluno no curto período de sua formação. Além disso, a subdivisão de disciplinas ou conteúdos pode tornar o ensino da engenharia cada vez mais compartimentado e sem a devida integração com outras disciplinas, que é um fator negativo para a busca pela sustentabilidade. Sendo essas disciplinas de livre opção pelo aluno, pode acarretar que suas opções não contemplem temáticas como a eficiência energética, prejudicando, assim, a formação desse profissional.

O número reduzido de disciplinas que contemplam a eficiência energética remete a um indicativo de que as instituições de ensino não estão utilizando a flexibilização proposta pelas Diretrizes Curriculares Nacionais, que permite a introdução de temas atuais importantes na formação do engenheiro, como é o caso da eficiência energética. Outro fator a ser levado

em consideração, seria a resistência de muitos professores em mudar suas antigas práticas de ensinar.

As temáticas que envolvem eficiência energética podem ser inseridas em disciplinas existentes, de modo a não aumentar a carga horária praticada pelos cursos de Engenharia Civil e sempre priorizando a abordagem multidisciplinar do conhecimento e a constante atualização. As disciplinas contidas nos tópicos do núcleo de conteúdos básicos citados a seguir deveriam ser mais bem interpretadas pelos cursos de Engenharia Civil para a inserção da eficiência energética: Expressão Gráfica, Física, Fenômenos de Transporte, Eletricidade Aplicada, Química, Ciência e Tecnologia dos Materiais, Ciências do Ambiente. Para o núcleo de conteúdos profissionalizantes seriam os tópicos: Circuitos Elétricos, Construção Civil, Gestão Ambiental, Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico, Materiais de Construção Civil e Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas. Para o núcleo de conteúdos específicos seriam os tópicos: Construção Civil, Gestão Ambiental, Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico, Materiais de Construção Civil, Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas.

## **8.2 Sugestões para futuras pesquisas**

Como sugestões para futuras pesquisas são indicadas a realização de:

2. Investigação por meio de questionário junto aos professores de disciplinas que poderiam contemplar a eficiência energética, sobre as dificuldades da inserção dessa temática nesses cursos. Destaca-se que essa tentativa foi realizada no decorrer dessa pesquisa, porém o índice de resposta foi muito baixo, não levando a nenhuma significância estatística;
3. Investigação de outros quesitos que englobam a sustentabilidade e são importantes na formação do Engenheiro Civil;
4. Investigação dos cursos de Engenharia Civil antes e após a promulgação das Diretrizes Curriculares Nacionais em 2002.

## REFERÊNCIAS

---

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório Aneel 2009**. Brasília, 2010.

AHN, Y. H.; PEARCE, A. R. Green construction: contractor experiences, expectations, and perceptions. **Journal of Green Building**, Glen Allen, v. 2, n. 3, p. 106-122, 2007.

ALLEN, D. T. et al. Sustainable engineering: a model for engineering education in the twenty-first century? **Clean Technologies and Environmental Policy**, Honolulu, v. 8, n. 2, p. 70-71, 2006.

ALI, H. H.; AL NSAIRAT, S. F. Developing a green building assessment tool for developing countries – Case of Jordan. **Building and Environment**, Oxford, v. 44, n. 5, p. 1053–1064, 2009.

ALLENBY, B. et al. Sustainable engineering education in the United States. **Sustainability Science**, Tokyo, v. 4, n. 1, p. 7-15, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Civil Engineering body of knowledge for the 21st century**: preparing the Civil Engineer for the future. 2. ed. Reston: Body of Knowledge Committee of the Committee on Academic Prerequisites for Professional Practice, ASCE. 2008.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Policy statement 418: the role of the Civil Engineer in sustainable development**. Disponível em:  
<<http://www.asce.org/Content.aspx?id=8475>>. Acesso em: 08 maio 2011a.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Code of ethics**. Disponível em:  
<<http://www.asce.org/Leadership-and-Management/Ethics/Code-of-Ethics/>>. Acesso em: 14 maio 2011b.

ANASTAS, P. T.; ZIMMERMAN, J. B. Design through the 12 principles green engineering. **Environmental Science & Technology**, Berkeley, v. 37, n. 5, p. 94-101, 2003.

ARIZONA STATE UNIVERSITY. **Sustainability courses**. Disponível em:  
<<http://schoolofsustainability.asu.edu/about/sustainability-courses.php>>. Acesso em: 14 maio 2011.

ATHENA INSTITUTE. **Lca model & tools**. Disponível em:  
<<http://www.athenasmi.org/about/lcaModel.html>>. Acesso em: 14 maio 2011.

BATTERMAN, S. A. et al. Development and application of competencies for graduate programs in energy and sustainability. **Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice**, Reston, v. 137, n. 4, p. 198-207, 2011. Disponível em: <. Acesso em: 10 novembro 2011.

BERGE, B. **The ecology of building materials**. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2009.

BOSCH, S. J.; PEARCE, A. R. Sustainability in public facilities: analysis of guidance documents. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, Reston, v. 17, n. 1, p. 9-18, 2003.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. **Lei Federal N. 10.295 - Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências**. Brasília, 2001a.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. **Decreto Nº 4.059 - Regulamenta a Lei N. 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Brasília, 2001b.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES 11/2002, aprovado em 11 de março de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 9 de Abril de 2002. Seção 1. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. Lei N. 10.861, aprovado em 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 14 de abril de 2004. Seção 1. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/110.861.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.861.htm)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES 2/2007, aprovado em 18 de junho de 2007. Institui sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. **Diário Oficial da União**, Brasília/DF, 18 de junho de 2007. Seção 1. Disponível em: <<http://nova.fau.ufrj.br/uploads/64-teste.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2008: Ano Base 2007**. Brasília, 2008. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional - LDB**. Brasília. 2010a. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/2762/ldb\\_5ed.pdf](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/2762/ldb_5ed.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais**. Brasília, 2010b.

BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável.** Brasília, 2010c.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto.** Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 04 novembro 2011a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Etiquetagem em Edificações.** Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>. Acesso em: 14 maio 2011b.

BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Caixa lança selo para empreendimentos habitacionais sustentáveis.** Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/Imprensa/imprensa\\_release.asp?codigo=6609833&tipo\\_noticia=3](http://www1.caixa.gov.br/Imprensa/imprensa_release.asp?codigo=6609833&tipo_noticia=3)>. Acesso em: 14 maio 2011c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Requisitos de avaliação da conformidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais.** Brasília, 2011d.

BRITO, M. R. F. Perfil, desempenho e avaliação discente dos cursos de engenharia no Brasil: ENADE 2005. In: \_\_\_\_\_. **Trajatória e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia.** Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira; Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. p. 131-171. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/21298536/1797175976/name/ENGENHARIAS+-+VOLUME+IX++ENGENHARIA+DE+PESCA,+ENGENHARIA+AGR%C3%8DCOLA+E+ENGENHARIA+FLORESTAL.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRITO, M. R. F.; VENDRAMINI, C. M. M. ENADE 2005: Evidências de validade das provas dos cursos de engenharia. In: \_\_\_\_\_. **Trajatória e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia.** Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira; Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. p. 179-192. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/21298536/1797175976/name/ENGENHARIAS+-+VOLUME+IX++ENGENHARIA+DE+PESCA,+ENGENHARIA+AGR%C3%8DCOLA+E+ENGENHARIA+FLORESTAL.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

BRUNDTLAND, G. H. **Our common future: The world commission on environment and development.** Oxford: Oxford University Press, 1987.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **What is BREEAM.** Disponível em: <<http://www.breeam.org/page.jsp?id=66>>. Acesso em: 14 maio 2011.

CALÇAS, D. A. N. Q. **A percepção de docentes, discentes e egressos do curso de Engenharia Civil da UNESP - campus de Bauru - sobre algumas questões curriculares.** 2009. Tese (Doutorado em política educacional, gestão de sistemas educativos e unidades

escolares) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2009. Disponível em: <[http://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Educacao/Dissertacoes/calcas\\_danqp\\_do\\_mar.pdf](http://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Educacao/Dissertacoes/calcas_danqp_do_mar.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: Método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, 2010a.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: Método de simulação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 27-40, 2010b.

CASSILHA, A. C.; CASAGRANDE JUNIOR., E. F.; SILVA, M. C. Energia e o ensino da engenharia na Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR: desafios para se alcançar a sustentabilidade. **Revista Educação & Tecnologia - Curitiba**, v. 9, p. 50-57, 2009.

CERTIFICATION QUALITÉ LOGEMENT. **Qui sommes-nous?** Disponível em: <[http://www.cerqual.fr/qui\\_sommes\\_nous/](http://www.cerqual.fr/qui_sommes_nous/)>. Acesso em: 14 maio 2011.

CHAU, K. W. Incorporation of sustainability concepts into a Civil Engineering curriculum. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 133, n. 3, p. 188-191, 2007.

CHUNDURI, S.; ZHU, Y.; BAYRAKTAR, M. E. Improving green building education by addressing the learning style and prior knowledge of students. **Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice**, Reston, v. 137, n. 4, p. 232-238, 2011. Disponível em: <[http://scitation.aip.org/getpdfervlet\\_GetPDFServlet\\_filetype=pdf&id=JPEPE300013700004000232000001&idtype=cvips&doi=10.1061\\_\(ASCE\)EI.1943-5541\[1\]](http://scitation.aip.org/getpdfervlet_GetPDFServlet_filetype=pdf&id=JPEPE300013700004000232000001&idtype=cvips&doi=10.1061_(ASCE)EI.1943-5541[1])>. Acesso em: 10 novembro 2011.

COLOMBO, C. R. **Subsídios teórico-metodológicos para a formação do Engenheiro Civil**: em perspectiva da melhoria da qualidade de vida individual-coletiva das gerações presentes e futuras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. Disponível em: <[http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/3\\_143\\_241.pdf](http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/3_143_241.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO. 1992, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Organização das Nações Unidas, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=575&idMenu=9065>>. Acesso em: 10 novembro 2010.

CORDEIRO, J. S. et al. Um futuro para a educação em engenharia no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, Passo Fundo, v. 27, n. 3, p. 69-82, 2008.

Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/ree/article/view/559>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

CORDEIRO, J. S.; QUEIRÓS, P. L.; BORGES, M. N. A Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). In: \_\_\_\_\_. **Trajatória e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira; Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 2010. p. 119-128. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/21298536/1797175976/name/ENGENHARIAS+-+VOLUME+IX++ENGENHARIA+DE+PESCA,+ENGENHARIA+AGR%C3%8DCOLA+E+ENGENHARIA+FLORESTAL.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

DELBIN, S. Inserção De Simulação **Computacional de conforto ambiental de edifícios em ensino de projeto arquitetônico**: Proposta de Metodologia. 2006. Dissertação (Mestrado em Edificações) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DESHA, C. J.; HARGROVES, K. C. Surveying the state of higher education in energy efficiency, in australian engineering curriculum. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 18, n. 7, p. 652-658, 2010. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ImageURL&\\_cid=271750&\\_user=972049&\\_pii=S0959652609002170&\\_check=y&\\_origin=&\\_coverDate=31-May-2010&view=c&wchp=dGLbVIS-zSkzS&md5=86e8a0812657c51417e508ec1ef1190f/1-s2.0-S0959652609002170-main.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ImageURL&_cid=271750&_user=972049&_pii=S0959652609002170&_check=y&_origin=&_coverDate=31-May-2010&view=c&wchp=dGLbVIS-zSkzS&md5=86e8a0812657c51417e508ec1ef1190f/1-s2.0-S0959652609002170-main.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

DVORAK, B. I. et al. Intensive environmental sustainability education: long-term impacts on workplace behavior. **Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice**, Reston, v. 137, n. 2, p. 113-120, 2011. Disponível em: <[http://scitation.aip.org/getpdf\\_servlet\\_GetPDFServlet\\_filetype=pdf&id=JPEPE300013700002000113000001&idtype=cvips&doi=10.1061\\_\(ASCE\)EI.1943-5541](http://scitation.aip.org/getpdf_servlet_GetPDFServlet_filetype=pdf&id=JPEPE300013700002000113000001&idtype=cvips&doi=10.1061_(ASCE)EI.1943-5541)>. Acesso em: 10 novembro 2011.

E-CONSTRUMARKET. **Selo Casa Azul da Caixa certifica empreendimentos sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/aec-news/materia/2384/caixa-lanca-selo-casa-azul-para-certificar-empreendimentos-sustentaveis.html>>. Acesso em: 14 maio 2011.

E-MEC. **Instituições de educação superior e cursos cadastrados**. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 14 maio 2011.

ENGINEERING ACCREDITATION COMMISSION. **Criteria for accrediting engineering programs**. Baltimore, 2008.

FORSBERG, A.; MALMBORG, F. V. Tools for environmental assessment of the built environment. **Building and Environment**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 223-228, 2004.

FOWLER, K. M.; RAUCH, E.M. **Sustainable building rating systems summary**. Washington DC: Pacific Northwest National Laboratory, U.S. Department of Energy, General Services Administration, 2006.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referências e guias**. Disponível em: <[http://www.vanzolini.org.br/conteudo-77.asp?cod\\_site=77&id\\_menu=760](http://www.vanzolini.org.br/conteudo-77.asp?cod_site=77&id_menu=760)>. Acesso em: 14 maio 2011a.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Quem somos**. Disponível em: <[http://www.vanzolini.org.br/conteudo.asp?id\\_menu=6&cod\\_site=0](http://www.vanzolini.org.br/conteudo.asp?id_menu=6&cod_site=0)>. Acesso em: 14 maio 2011b.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação: escritórios e edifícios escolares – processo AQUA**. 2011c. Disponível em: <<http://www.processoaqua.com.br/pdf/RTEscritorios%20e%20Edif%C3%ADcios%20escolares-V0-outubro2007.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2011.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação: hotéis – processo AQUA**. 2011d. Disponível em: <<http://www.processoaqua.com.br/pdf/RT-Hoteis-V0-Preliminar-junho2008.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2011.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação: edifícios habitacionais – processo AQUA**. 2011e. Disponível em: <<http://www.processoaqua.com.br/pdf/RT-Edif%C3%ADcios%20habitacionais-V1-fevereiro2010.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2011.

GELI DE CIURANA, A. M.; LEAL FILHO, W. Education for sustainability in university studies. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, Hamburg, v. 7 n. 1, p. 81-93, 2006.

GIBBERD, J. Assessing sustainable buildings in developing countries: the sustainable building assessment tool (Sbat) and the sustainable building lifecycle (SBL). In: THE WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE. 2005. **Anais...** Tokyo: SB05Tokyo, 2005. p. 27-29.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, Prática e Ensino. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, 2006.

HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE ASSOCIATION. **Certifications**. Disponível em: <<http://assohqe.org/hqe/spip.php?rubrique45>>. Acesso em: 14 maio 2011.

INSTITUTO ETHOS DE EMPRESAS E RESPONSABILIDADE SOCIAL. **O Instituto Ethos**. Disponível em: <[http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/31/o\\_instituto\\_ethos/o\\_instituto\\_ethos.aspx](http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/31/o_instituto_ethos/o_instituto_ethos.aspx)>. Acesso em: 14 maio 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Cálculo do conceito ENADE**. 2010. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/enade/notas\\_tecnicas/2010/Nota\\_Tecnica\\_Conceito\\_Enade\\_2010.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2010/Nota_Tecnica_Conceito_Enade_2010.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Portaria Inep Nº 240 de 04 de agosto de 2011**. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/enade/legislacao/2011/diretrizes/diretrizes\\_engenharia\\_grupo\\_I\\_n\\_240.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/legislacao/2011/diretrizes/diretrizes_engenharia_grupo_I_n_240.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011a.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Consulta aos Relatórios de Cursos**. Disponível em: <<http://enade.inep.gov.br/enadeResultado/site/relatorioDeCurso.seam>>. Acesso em: 25 outubro 2011b.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **About IISD**. Disponível em: <<http://www.iisd.org/about/>>. Acesso em: 14 maio 2011.

ISSA, M. H.; RANKIN, J. H.; CHRISTIAN, A. J. Canadian practitioners perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings. **Building and Environment**, Oxford, v. 45, n. 7, p. 1698-1711, 2010.

KARABULUT, A. et al. An investigation on renewable energy education at the university level in Turkey. **Renewable Energy**, Oxford, v. 36, n. 4, p. 1293-1297, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811000460X>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

KATS, G. et al. **The costs and financial benefits of green buildings**. Califórnia: Sustainable Building Task Force, 2003.

KEELER, M; BURKE, B. **Fundamentos de projetos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KELLY, W. E. General education for civil engineers: sustainable development. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 134, n. 1, p. 75-83, 2008.

KEVERN, J. T. Green building and sustainable infrastructure: sustainability education for Civil Engineers. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 137, n. 2, p. 107-112, 2011.

LAMBERTS, R. et al. Casa eficiente: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/ LabEEE, 2010.v. 2.

LAUDARES, J. B.; PAIXÃO, E. L.; VIGGIANO, A. R. O ensino de engenharia e a formação do engenheiro: contribuição do programa de mestrado em tecnologia do CEFET-MG -

educação tecnológica. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 1, p. 60-67, 2008. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/ree/issue/view/29>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

LORENZINI, J. M. **O aspecto da inovação na engenharia como instrumento de desenvolvimento social**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1992.

MENDES, N. et al. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, 2005.

MORUZZI, A. B.; MORUZZI, R. B. A Transversalidade como princípio pedagógico no ensino superior de engenharia: o ProGAmAR da Engenharia Ambiental da Unesp – campus de Rio Claro. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 20-28, 2010. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/ree/article/view/428/727>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Bess**. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>>. Acesso em: 14 maio 2011.

PICCOLI, R. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, 2010.

RUSSELL, J. S.; STOUFFER, W. B. Survey of the national Civil Engineering curriculum. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 131, n. 2, p. 118-128, 2005.

SÃO PAULO (Estado). Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo. **O código de ética profissional**. São Paulo, 2010.

SERRA, S. M. B.; CORDEIRO, J. S. Uma análise do curso de Engenharia Civil da UFSCar e sua relação com as DCN 11/2002 do MEC e com a resolução 1010/2005 do sistema CONFEA/CREA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2006. Disponível em: <[http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/13\\_216\\_989.pdf](http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/13_216_989.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, 2003.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. Rio de Janeiro: Maxwell, 2005. Disponível em: <<http://fei.edu.br/biblioteca/manuais/livro.pdf>>. Acesso em: 25 outubro 2011.

STELMACK, C. M.; SINCLAIR, A. J.; FITZPATRICK, P. An overview of the state of environmental assessment education at canadian universities. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, Hamburg, v. 6, n. 1, p. 36-53, 2005.

TATARI, O.; KUCUKVAR, M. Cost premium prediction of certified green buildings: a neural network approach. **Building and Environment**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 1081-1086, 2011.

TIMM, M. I.; SCHNAID, F.; COSTA, J. C. O perfil do engenheiro e o seu trabalho. **Revista de Ensino de Engenharia**. Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2004.

TONINI, A. M. **Ensino de engenharia: atividades acadêmicas complementares na formação do engenheiro**. 2007. Tese (Doutorado em educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/IOMS-7DPSA7/1/tese\\_final\\_doutorado\\_2007\\_adriana\\_maria\\_tonini.pdf](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/IOMS-7DPSA7/1/tese_final_doutorado_2007_adriana_maria_tonini.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

TONINI, A. M.; PINTO, D. P. A flexibilização curricular e a engenharia. **Educação & Tecnologia**, Curitiba, v. 13, p. 04-08, 2008. Disponível em: <[http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos\\_senept/anais/terca\\_tema2/TerxaTema2Artigo1.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema2/TerxaTema2Artigo1.pdf)>. Acesso em: 25 outubro 2011.

U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. **What LEED is**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>>. Acesso em: 14 maio 2011.

WALS, A. **United Nations decade of education for sustainable development (DESD, 2005-2014): review of contexts and structures for education for sustainable development**. Paris: UNESCO, 2009.

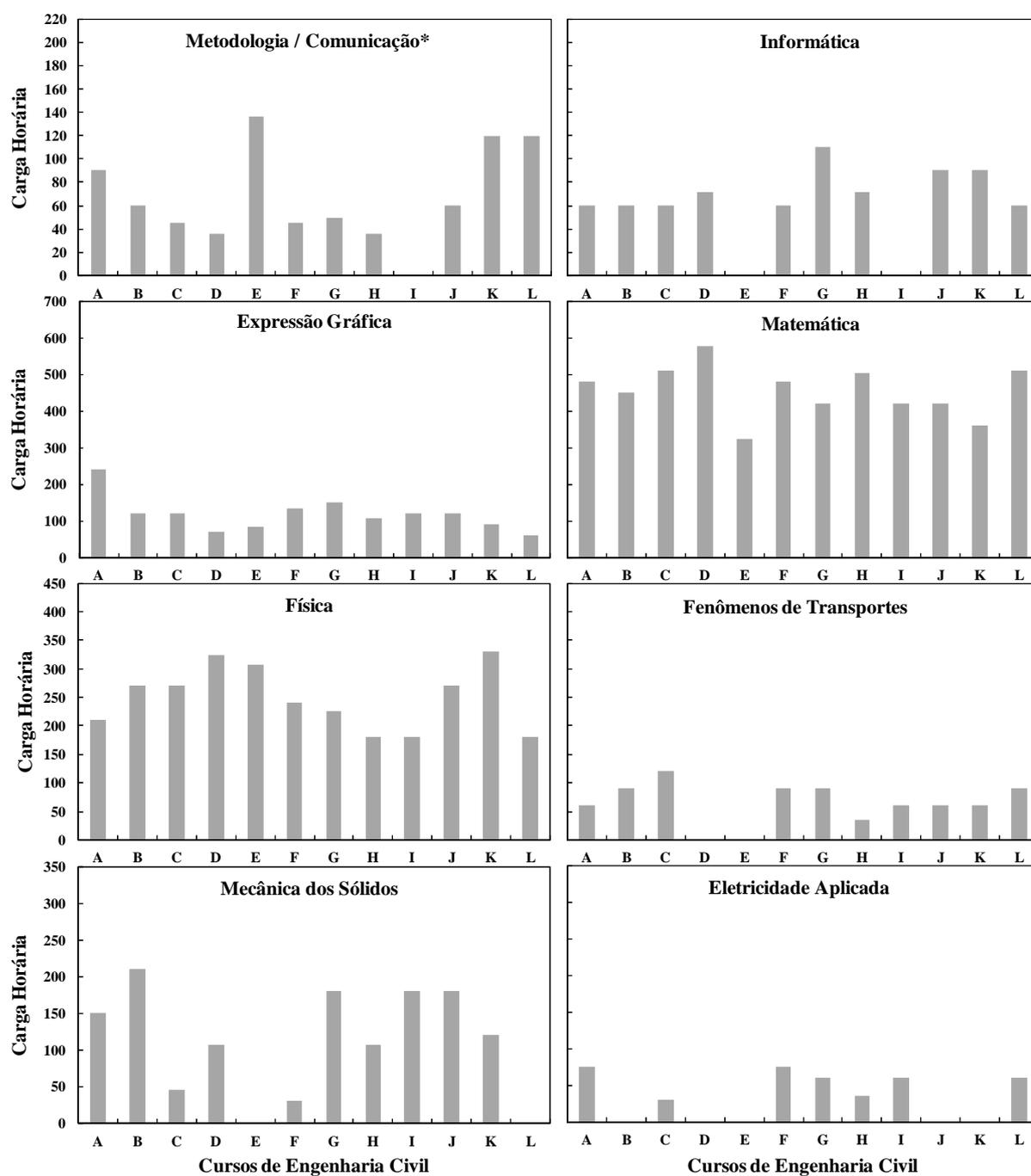
WANG, Y. Sustainability in construction education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 135, n. 1, p. 21-30, 2009.

WASHINGTON, D.C. Worldwatch Institute. **Vital signs 2005**. Washington, D.C, 2005.

YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

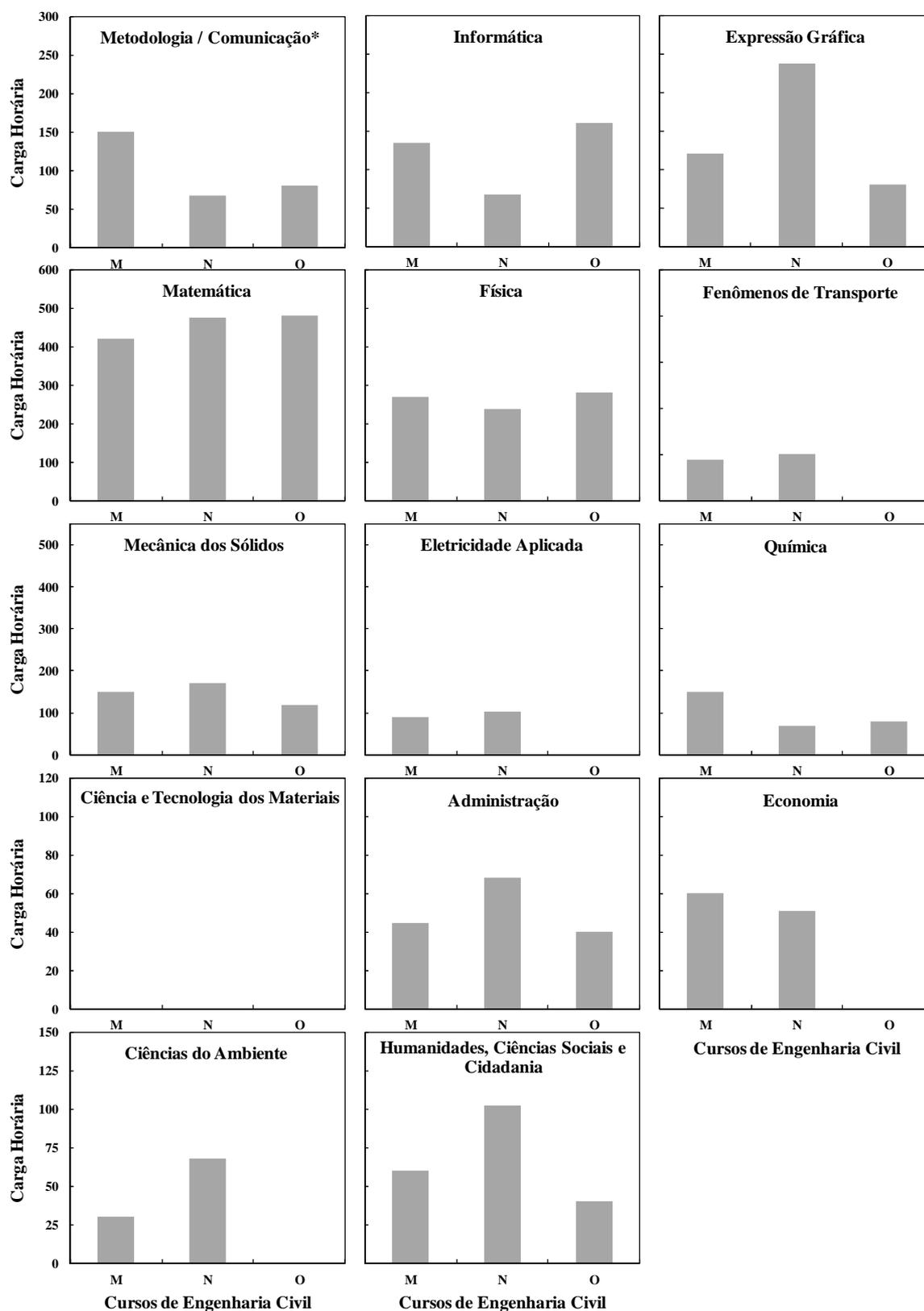
ZHANG, Z. et al. BEPAS: a life cycle building environmental performance assessment model. **Building and Environment**, Oxford, v. 41, n. 5, p. 669–675, 2006.

**APÊNDICE A** – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos básicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral.



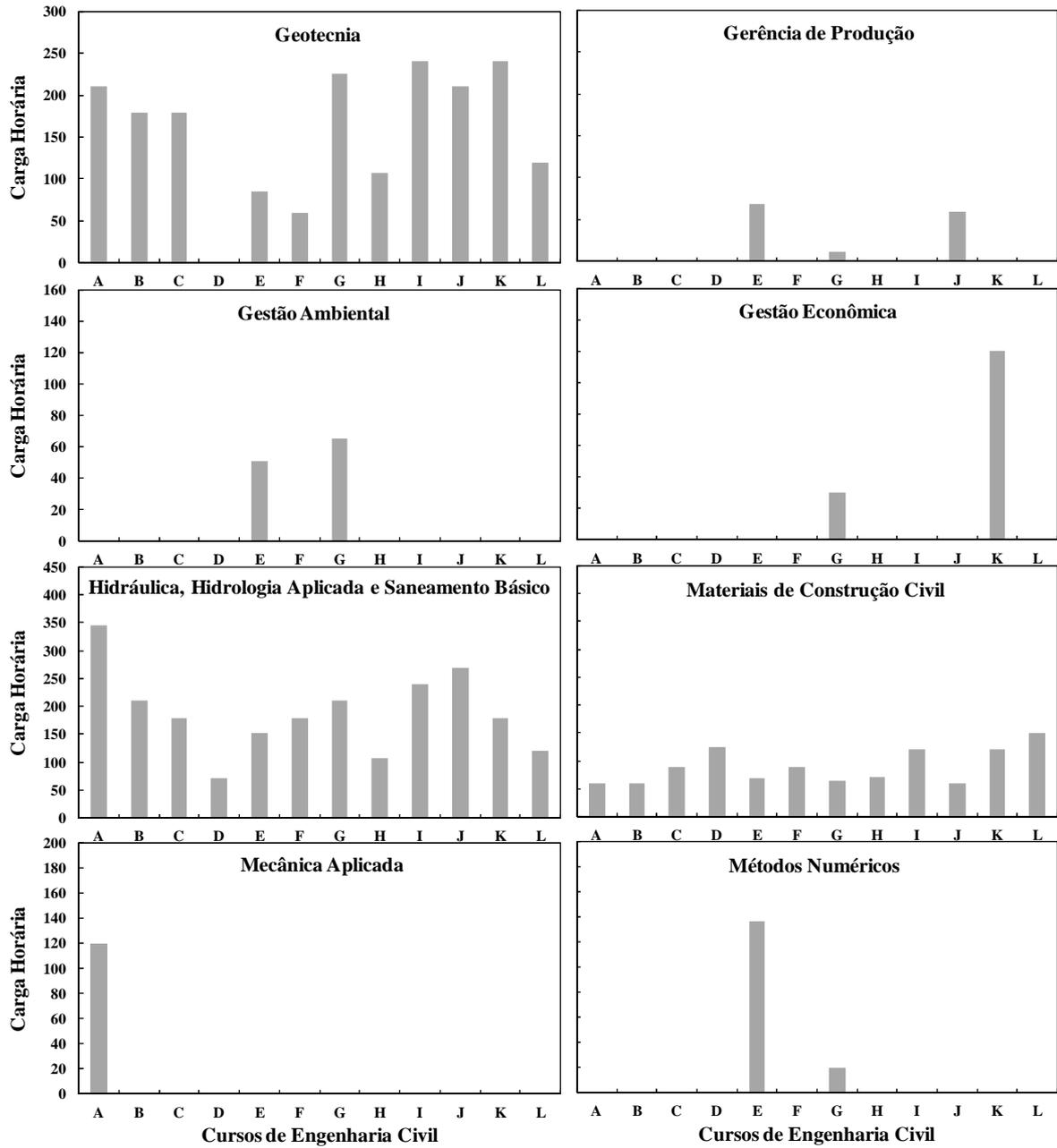
\*Metodologia Científica e Tecnológica/Comunicação e Expressão

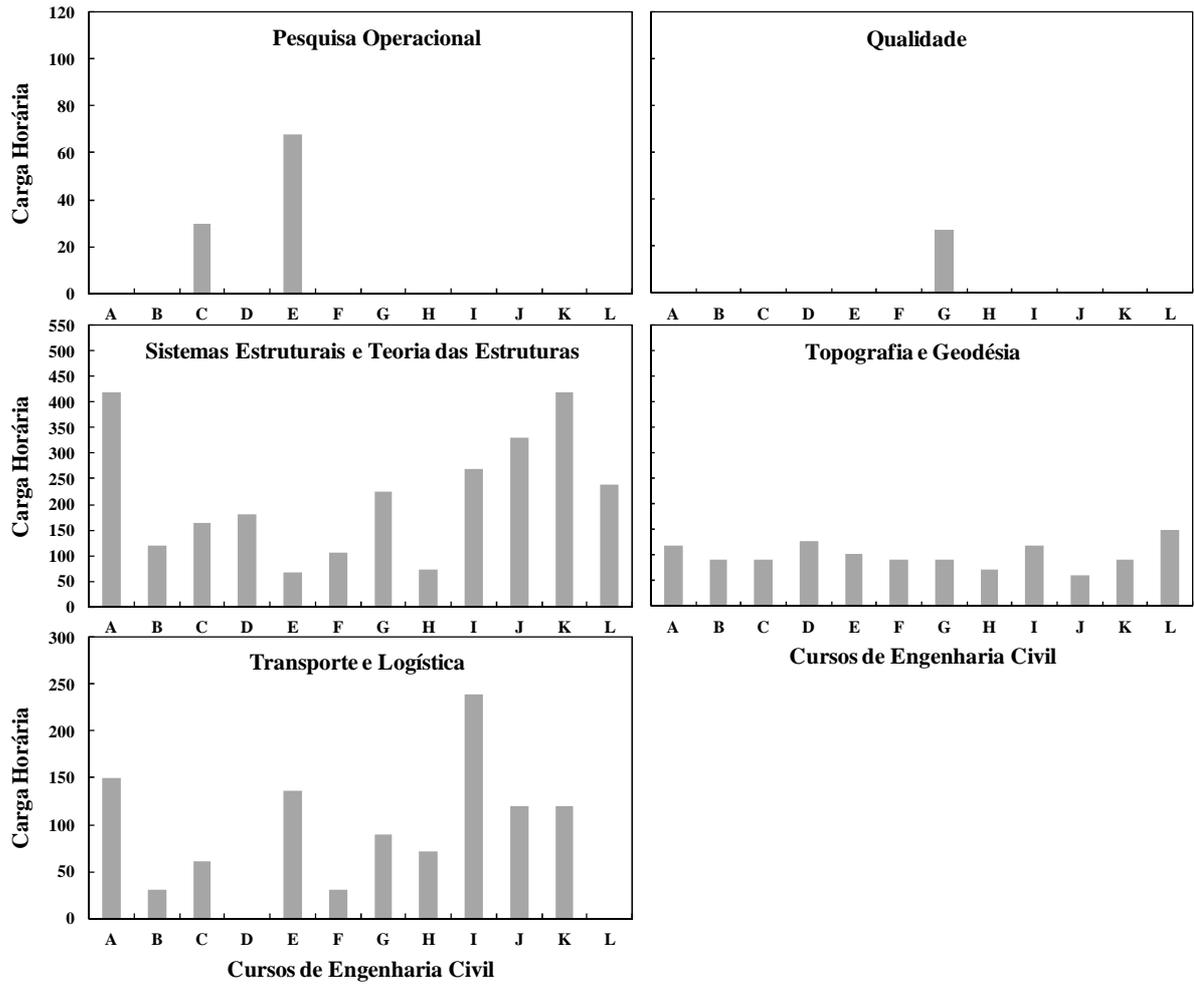
**APÊNDICE B** – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos básicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual.



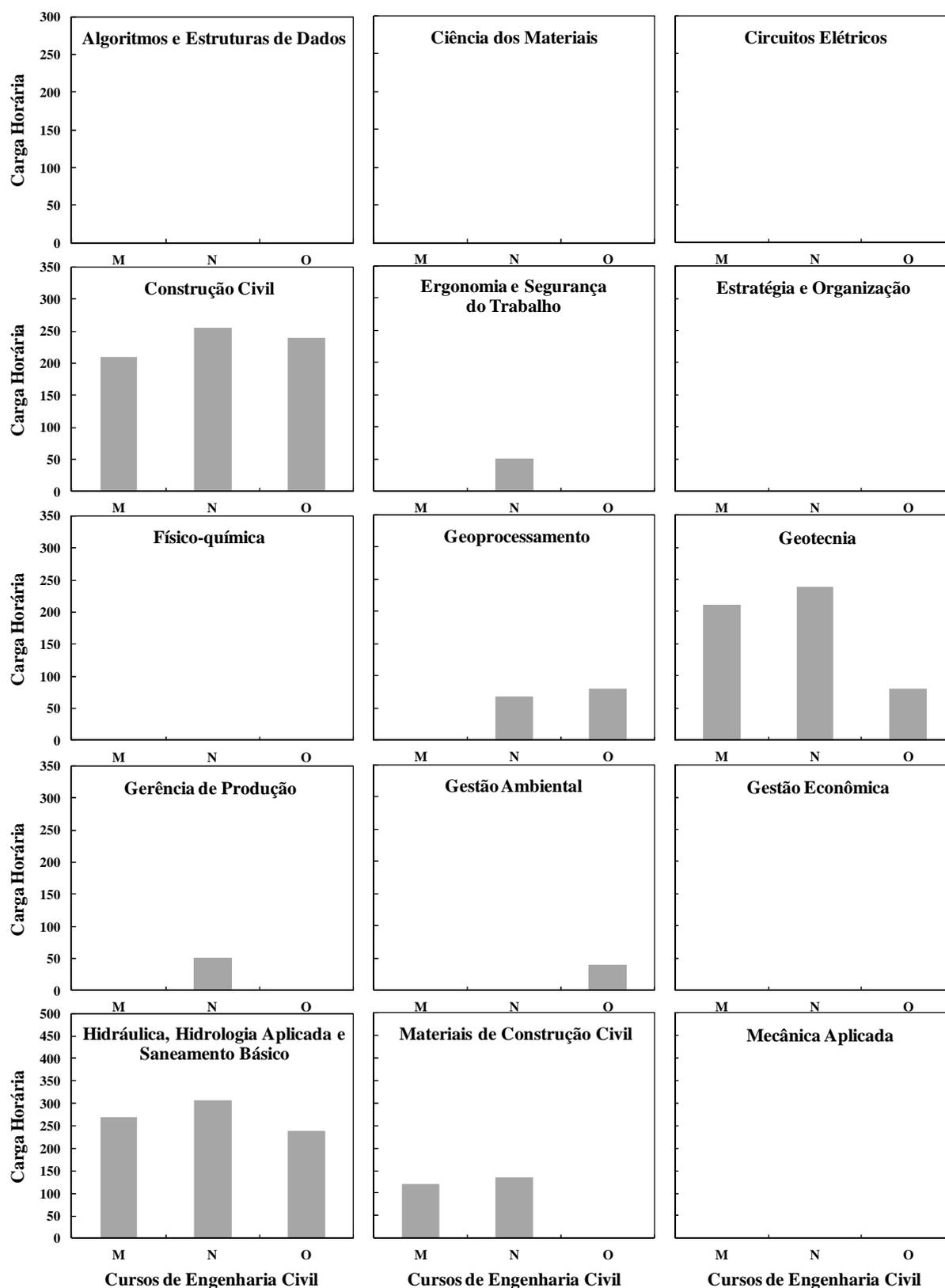
\*Metodologia Científica e Tecnológica / Comunicação e Expressão

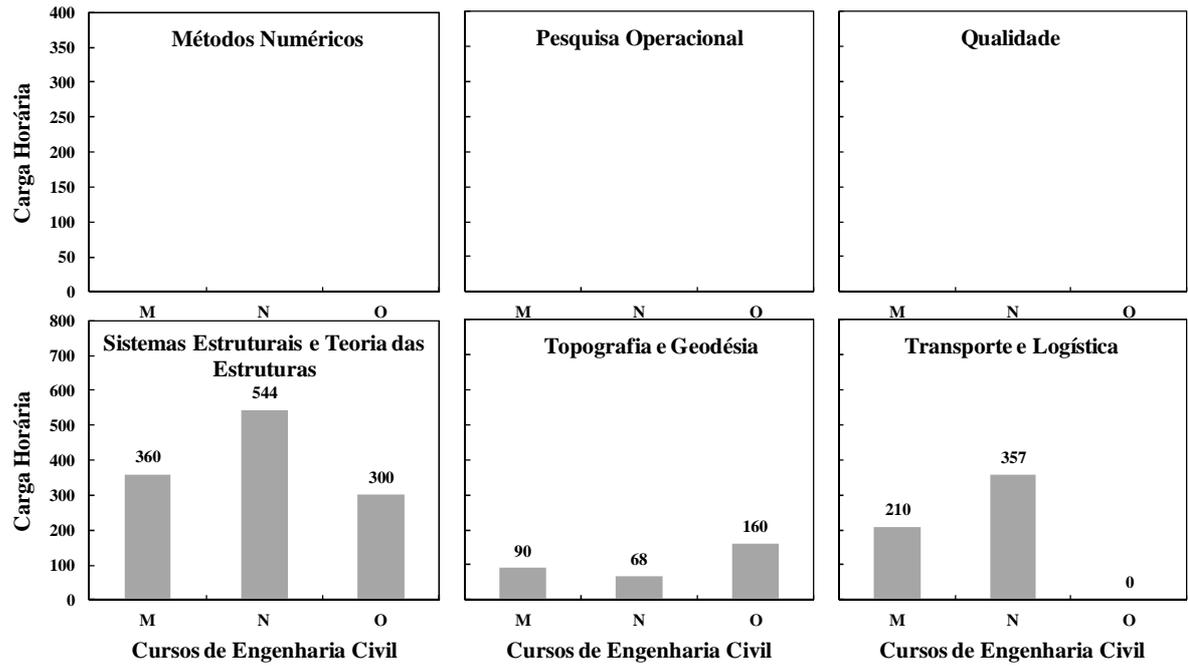




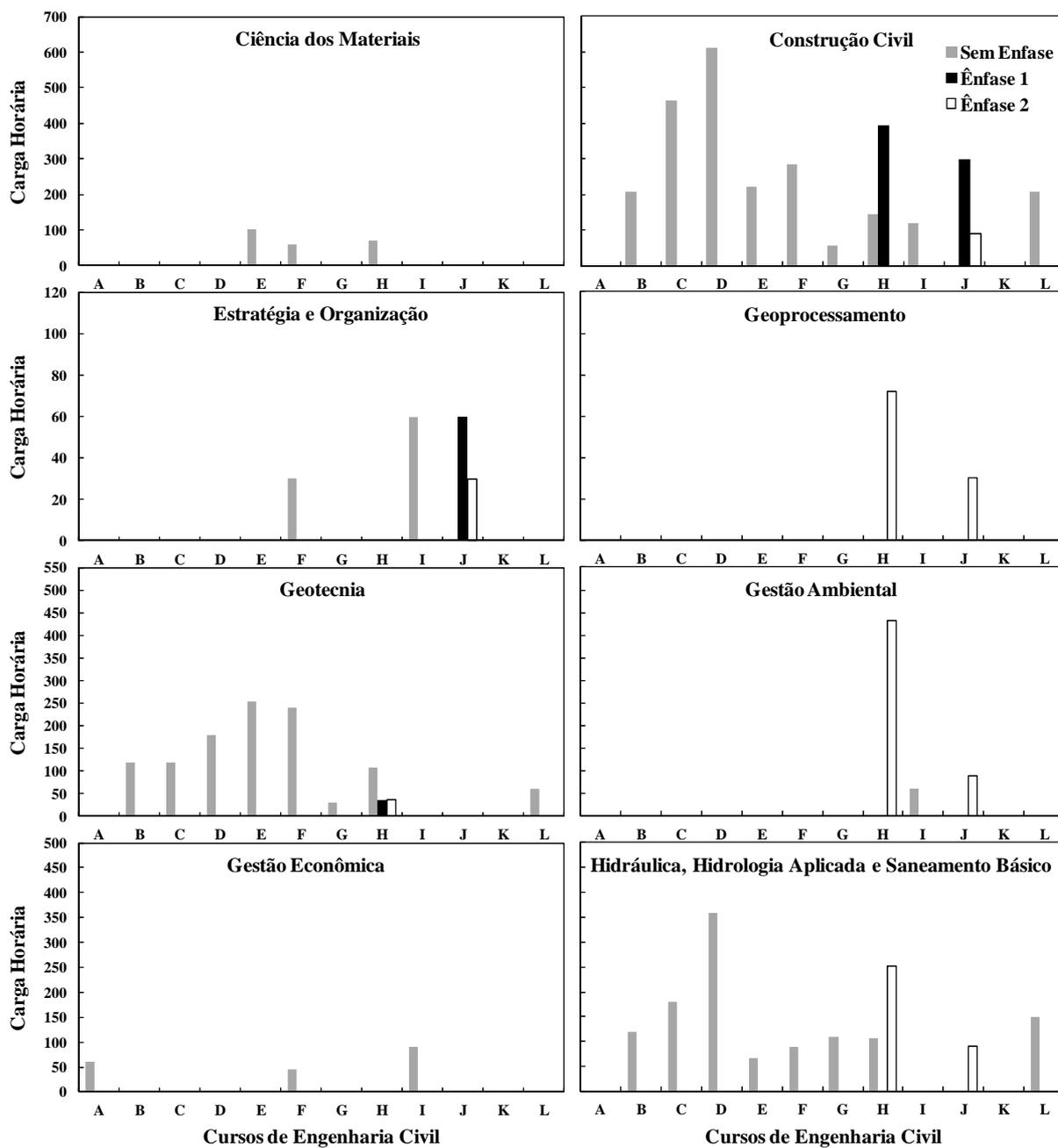


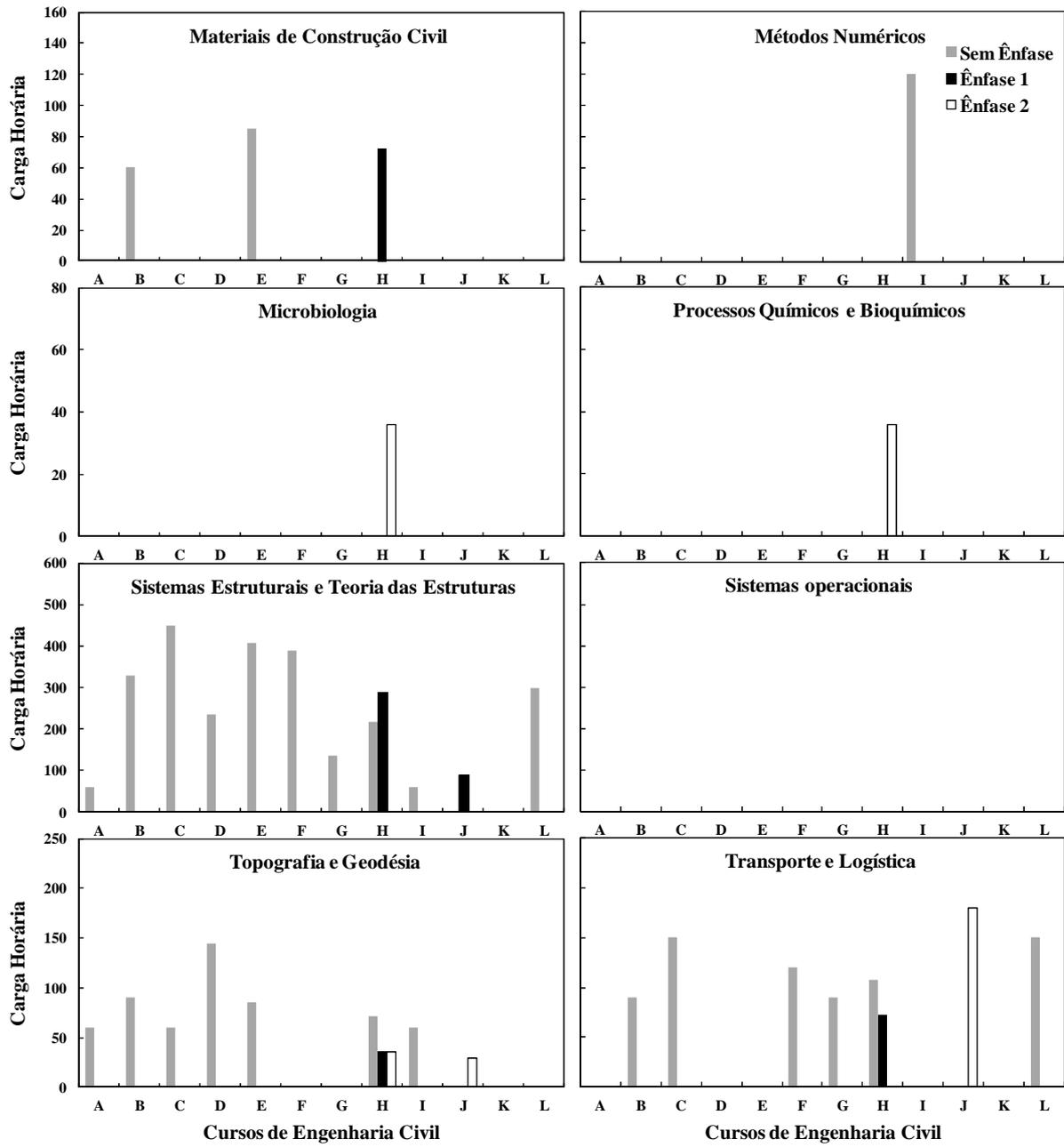
**APÊNDICE D** – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos profissionalizantes para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual.





**APÊNDICE E** – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos específicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade semestral.





**APÊNDICE F** – Carga horária das disciplinas por tópicos do núcleo de conteúdos específicos para cada curso de Engenharia Civil na periodicidade anual.

