LUCIANA ALVES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE
FACHADAS LEVES**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia Civil

São Paulo

2009

LUCIANA ALVES DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE
FACHADAS LEVES**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia Civil

Área de concentração: Engenharia de
Construção Civil e Urbana

Orientador: Prof. Dr. Silvio Burrattino
Melhado

São Paulo

2009

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São paulo, 26 de novembro de 2009.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Luciana Alves de
Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas
leves / L.A. de Oliveira. -- ed.rev. -- São Paulo, 2009.
267 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Fachadas (Projeto) 2. Sistemas e processos construtivos
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento
de Engenharia de Construção Civil II. t.

*Ao Mateus, nosso filho,
que nos ensina a importância do aprendizado diário
e do "Amor".*

*Aos meus avós, Ladório e Clarice, Angelo e Rosa,
que nos proporcionaram, com seus esforços e persistência, as oportunidades
dessa vida.*

AGRADECIMENTOS

Durante o período em que estive na pós-graduação, muitas pessoas contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional. A essas pessoas, que se tornaram amigas, agradeço pelas palavras de incentivo, pelas críticas, pela paciência e presença...

Porém, alguns agradecimentos particulares tornam-se necessários, em razão da proximidade e influência desses profissionais no desenvolvimento e término desta tese.

Agradeço,

Ao Prof. Dr. Silvio Melhado, pela orientação simples e direta, sempre respeitando minhas opiniões e idéias.

Ao Prof. Mindj Maizia, da Université de Technologie de Compiègne, pela co-orientação dos meus trabalhos na França e, principalmente, pela oportunidade de aprender com seu grupo e trabalho.

Aos Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini, pelo apoio desde o mestrado e pela insistência em mostrar a importância da “escolha de um tema de doutorado”.

Aos colegas do IPT (Ercio Thomaz, Claudio Mitidieri, Fabiana Cleto, Julio Sabadini, Adriana Brito, Thiago Barros, Alessandra Bianchi, Maria Akutsu, Fulvio Berçot, Fulvio Vitorino, Vera Vassaian e Cristina Kanaciro) pelo grupo, pela oportunidade em participar de trabalhos que ajudaram no meu amadurecimento, e por sempre estarem prontos para análises, discussões e apoio.

Ao Prof. Francisco Cardoso e sua esposa, Arq. Silvia Scalzo, pelo auxílio e incentivo nas minhas andanças “francesas”.

Aos professores do departamento pelos ensinamentos e contribuições diretas, ou indiretas, na elaboração desta tese, em especial ao Prof. Ubiraci E. L. de Souza, Luiz Sérgio Franco e Mercia Maria S. B. de Barros.

Aos amigos e profissionais Flávio Maranhão e Sérgio Angulo, pelas discussões, incentivo e presença.

Aos profissionais que se dispuseram a analisar criticamente a proposta desta tese: Arq. Paulo Duarte, Arq. Eduardo Martins, Arq. Ana Liu, Prof^a. Dr^a. Denise Duarte, Prof. Dr. Ercio Thomaz, Prof. Dr. Julio Sabadini de Souza.

Às empresas francesas, pela oportunidade de realizar os estudos de caso: SICRA (entreprise generale), CEEF (bureau technique de façade), EPA Jussieu (maître d'ouvrage), Reicher et Robert Associados e Arte Charpentier (escritórios de arquitetura); e aos profissionais Jean Bonus, Alexandre Lenibace, Cesar Marques e Anne de Chazelles.

Às empresas brasileiras, que também nos deram a oportunidade de realizar os estudos de caso: Brantec Consultoria e Projetos, Kiir esquadrias de alumínio, Tishman Speyer, Aflalo & Gasperini; e aos profissionais Cilene Marques e Eduardo Martins.

Finalmente, àqueles que são a minha base, inspiração e exemplo: ao marido (Alê), aos meus pais (Luiz e Ivete), irmãos (Dani, Pat, Lê) cunhados-irmãos (Fê, Fred e Silvio), Luizinha, Vó Clara e ao querido "EB"; sem vocês, nada teria sentido.

RESUMO

A vedação de fachada, incluindo esquadrias e revestimento, um dos mais relevantes subsistemas do edifício, é responsável pelas condições de habitabilidade e estética, contribui para a valorização do empreendimento e tem um papel importante com relação à sustentabilidade. Além disso, os custos de execução e de manutenção da fachada são expressivos com relação aos dos outros subsistemas.

Pela sua importância técnica e econômica, as tecnologias construtivas responsáveis pela execução das fachadas, frequentemente, passam por evoluções, como o surgimento das tecnologias de fachadas leves, as quais podem ser empregadas em vários segmentos da construção. Dois desses segmentos são o da construção de edifícios comerciais e o de reabilitação ou renovação de edifícios. Entretanto, essas tecnologias ainda são carentes de desenvolvimentos tecnológicos nacionais mais específicos e projetos melhor elaborados, nos quais se considerem questões do processo de projeto e de execução, bem como do desempenho da fachada em uso, como segurança, eficiência energética, isolamento acústico, estanqueidade à água, durabilidade e manutenibilidade.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para o desenvolvimento do processo de projeto de vedações de fachada, particularizados para as tecnologias de fachadas leves, para edifícios comerciais de múltiplos pavimentos, considerando tanto a possibilidade da construção quanto da renovação, discutindo-se aspectos de gestão e tecnologia.

A proposição da metodologia foi baseada em estudos bibliográficos e em comparações entre exemplos reais do processo da produção de empreendimentos de construção e renovação no Brasil e na França. Dessa forma, o desenvolvimento e conclusão deste trabalho foram divididos em quatro grupos: estudos no Brasil; estudos na França; análise comparativa dos resultados desses estudos; e elaboração da metodologia e sua discussão.

A metodologia proposta considera de forma sistêmica alguns aspectos do processo de projeto, particularizados para as tecnologias de fachadas leves, contemplando aspectos de gestão e de tecnologia, incorporando contribuições de um grupo de profissionais.

Palavras chave: Fachada leve. Fachada pré-fabricada. Projeto. Vedações verticais. Vedações de Fachada. Renovação. Desempenho. Reabilitação. Qualidade.

ABSTRACT

The facades are considered one of the most relevant building subsystems, contributing both to building valuation and its performance, and has a great importance concerning the sustainability. In addition, its execution and maintenance costs are expressive when compared to others subsystems.

Because of its economical and technical importance, the façade technologies have been passing through constant evolution, for example the development of the lightweight façades system that can be used in many construction segments, as commercial building construction and building renovation. Although the use of lightweight façades technologies is increasing worldwide, its application in Brazil requires more precise researches regarding design and construction management and also performance requirements, as security, thermal and acoustic isolation, energy efficiency, watertightness, durability and maintenance.

In this context, the objective of this work is to propose a methodology to develop the design process of the lightweight facade system for office buildings, applicable either to construction either to building renovation, discussing management and technology aspects.

This work will be based on existing bibliography and on comparative study between Brazilian and French construction and renovation building practices. Thus, this work was divided in four stages: Brazilian studies; French studies; comparative analyses between these studies; and elaboration of the methodology.

Concluding, the methodology proposed considers some aspects of the design process, particularized to lightweight façade technologies, taking into account management (agents, design management phases and aims, interfaces, technology selection and design and product critical analyses) and technological aspects (façade performance specifications).

Key-words: *Lightweight façade. Precast façade system. Design. Exterior wall. Building renovation. Performance. Quality.*

RESUME

Les façades contribuent à valoriser l'ouvrage, elles sont considérées comme un des systèmes plus complexes du bâtiment, sont responsables des bonnes conditions d'habitabilité et esthétique, et ont un rôle important concernant le développement durable. Par ailleurs, elles ont un coût d'exécution et de maintenance significatif par rapport aux autres parties du bâtiment.

En effet, tant par l'importance technique qu'économique les technologies de façades sont en train d'évoluer, comme il s'est produit avec les technologies de façades légères, lesquelles s'emploient soit sur les constructions neuves soit sur les rénovations. Cependant, les projets de ces technologies ont besoin d'être plus développées, particulièrement considérant la conception, l'exécution et aussi des performance de façades, comme sécurité, efficience énergétique, isolation acoustique, durabilité et d'entretien.

Donc, cette thèse de doctorat a pour but de proposer une méthodologie pour développer des procès du projets de façade légère, vers constructions neuves et rénovations de bâtiments destinés aux activités du tertiaire au Brésil, en discutant aspects de gestion et technologie.

La méthodologie du travail a été basée sur des études bibliographiques et sur des comparaisons des pratiques de constructions françaises et brésiliennes. Ainsi ce travail a été divisée en quatre parties: les études en Brésil; les études en France; la confrontation entre les deux études et la proposition de la méthodologie.

Donc, la méthodologie proposé considère des aspects de conception et d'exécution du procès, distingués pour les technologies de façades légères, en envisageant des aspects de gestion et de technologie.

Mots Cles: *Façade légère. Façade pré fabriqué. Bardage rapporté. Projet. Rénovation des bâtiments. Performance. Qualité*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1 – Esquema da metodologia empregada para o desenvolvimento desta tese.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2 – Esquema em corte longitudinal de fachada leve (adaptado de Silva, 1998)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3 – Seção esquemática de fachada-cortina constituída de várias camadas</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4 – Seção esquemática de fachada semicortina constituída de várias camadas</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5 – Fachada pré-fabricada formada por painéis estruturados em perfis de alumínio e constituídos de duas placas de vidro laminado intercaladas por uma câmara de ar.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6 – Fachada moldada no local composta de painéis cimentícios fixados a uma estrutura secundária em aço, câmara de ar e parede de concreto anteriormente existente</i>	<i>27</i>
<i>Figura 7 – Fachada moldada no local composta de painéis cimentícios fixados à uma estrutura secundária em aço, câmara de ar e parede de concreto existente</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8 – Fachada do edifício Marambaia em São Paulo: antes e depois da renovação.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9 – Esquema da regra C+D.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10 – Compartimentação vertical – verga e peitoril (CB - IT 09, 2001).....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11 – Compartimentação vertical – projeção da laje (CB - IT 09, 2001).....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12 – Isolamento com relação aos edifícios vizinhos</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13 – Esquema em corte da fachada – área a ser considerada como elemento opaco.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 14 – Esquema de estrutura secundária montada no local (arquivos da autora).....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 15 – Acabamentos superficiais das placas cimentícias</i>	<i>61</i>
<i>Figura 16 – Painel de alumínio composto</i>	<i>63</i>
<i>Figura 17 – Condutividade térmica de materiais isolantes (Davies, 1997)</i>	<i>64</i>
<i>Figura 18 – Resistência ao cisalhamento de materiais isolantes (Davies, 1997).....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 19 – Esquema de juntas de um e dois estágios</i>	<i>70</i>
<i>Figura 20 – Crescimento do setor da construção civil na França em milhares de euros</i>	<i>77</i>
<i>Figura 21 – Participação percentual das atividades no setor da construção</i>	<i>78</i>
<i>Figura 22 – Trabalhos realizados pelas empresas de construção, públicas ou privadas</i>	<i>79</i>
<i>Figura 23 – Crescimento do consumo do cimento (Revista Conjuntura da Construção, 2007)</i>	<i>80</i>
<i>Figura 24 – Percentual de valores de negócio divididos em grupos de produtos e/ ou serviços da construção em 2007 (IBGE-PAIC, 2007)</i>	<i>81</i>
<i>Figura 25 – Hierarquia dos textos oficiais e obrigatórios, constantes de um código</i>	<i>84</i>
<i>Figura 26 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo de produção de um empreendimento na França.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 27 – Etapas do processo de produção de um empreendimento de construção ou reabilitação na França e seus principais agentes (adaptado de Hutter, 2003)</i>	<i>111</i>
<i>Figura 28 – Esquema de um circuito de avaliação e validação de projetos na etapa de preparação de execução de obras</i>	<i>116</i>
<i>Figura 29 – As relações entre os principais agentes do empreendimento no Brasil.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 30 – Fachada Sul em execução: Estudo de caso A</i>	<i>129</i>
<i>Figura 31 – Projeção do edifício em planta: Estudo de caso A</i>	<i>129</i>
<i>Figura 32 – Custo percentual da fachada com relação às outras partes do edifício (caso A).....</i>	<i>130</i>

<i>Figura 33 – Fachada Sul em execução: Estudo de caso B</i>	130
<i>Figura 34 – Projeção do edifício em planta: Estudo de caso B</i>	130
<i>Figura 35 – Esquema contratual entre os agentes do estudo de caso A</i>	133
<i>Figura 36 – Esquema de difusão de documento para análise e validação – etapa de preparação da execução do lote 5: fachadas envidraçadas (Estudo de caso A)</i>	134
<i>Figura 37 – Esquema contratual entre os agentes do empreendimento estudo de caso B</i>	135
<i>Figura 38 – Esquema de difusão de documento para análise e validação – etapa de preparação da execução dos lotes 2 e 4 (Estudo de caso B)</i>	136
<i>Figura 39 – Camada isolante fixada com parafusos plásticos à parede de concreto, posicionada sob placa de rocha (caso A)</i>	144
<i>Figura 40 – Placa de rocha fixada à parede de concreto através de insertos metálicos (caso A)</i>	144
<i>Figura 41 – Esquema de fixação da pedra à parede de concreto (corte da fachada – caso A)</i>	144
<i>Figura 42 – Esquema de fixação da pedra à parede de concreto na posição da junta de controle (corte longitudinal do elemento de fachada – caso A)</i>	144
<i>Figura 43 – Painel pré-fabricado sendo transportado para seu local definitivo (caso A)</i>	146
<i>Figura 44 – Painel sendo fixado em seu local definitivo: fixação por aparafusamento (caso A)</i>	146
<i>Figura 45 – Painel com brises solares fixados em seu local definitivo (fachada tipo 2 – caso A)</i>	146
<i>Figura 46 – Painel com brises solares armazenado interno à construção (fachada tipo 2 – caso A)</i>	146
<i>Figura 47 – Quadros em perfis metálicos tubulares fixados à vigas e tirantes metálicos (fachada tipo 3 – caso A)</i>	147
<i>Figura 48 – Placas de vidro sendo fixadas nos quadros metálicos (fachada tipo 3 – caso A)</i>	147
<i>Figura 49 – Revestimento não aderido em placas de pedra (lote 2 – caso B)</i>	149
<i>Figura 50 – Painéis pré-fabricados em placas de vidro insulado sendo fixados no seu local definitivo (lote 4 – caso B)</i>	149
<i>Figura 51 – Planta do empreendimento (anteprojeto definitivo)</i>	152
<i>Figura 52 – Fachadas externas dos edifícios B1 e B2 (caso C)</i>	153
<i>Figura 53 – Fachadas internas:pátio edifício A (caso C)</i>	153
<i>Figura 54 – Fachadas internas:pátio edifício B (caso C)</i>	153
<i>Figura 55 – Esquema em planta dos edifícios do Campus Universitário (caso D)</i>	155
<i>Figura 56 – Fachada Setor 1 e Setor Leste (caso D)</i>	156
<i>Figura 57 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo (caso C)</i>	157
<i>Figura 58 – Agentes do processo de reabilitação do empreendimento estudo de caso C</i>	161
<i>Figura 59 – Protótipo dos painéis: diferença estética quase imperceptível entre os painéis novos e antigos – Setor Oeste (caso D)</i>	166
<i>Figura 60 – Vista do edifício A: Estudo de caso E</i>	171
<i>Figura 61 – Relação entre os agentes do processo de produção das fachadas e as etapas do processo de projeto</i>	172
<i>Figura 62 – Vista do edifício antes da renovação: caso F</i>	177
<i>Figura 63 – Vista do edifício após a renovação: caso F</i>	177
<i>Figura 64 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo (caso F)</i>	177
<i>Figura 65 – Fachada do edifício, antes e após renovação (Estudo de caso G)</i>	183

<i>Figura 66 – Fachada durante execução (Estudo de caso H).....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 67 – Fachada antes da renovação (Estudo de caso I)</i>	<i>183</i>
<i>Figura 68 – Esquema do processo do projeto de fachadas</i>	<i>201</i>
<i>Figura 69 – Relação contratual e funcional entre os agentes – alternativa a.....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 70 – Relação contratual e funcional entre os agentes – alternativa b.....</i>	<i>206</i>
<i>Figura 71 – Esquema de difusão de documentos para análise crítica da conformidade dos componentes da fachada.....</i>	<i>227</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Exemplos de aplicação.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2 – Requisitos de desempenho do subsistema vedação vertical externa quando se emprega fachadas leves</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 3 – Máximos deslocamentos permitidos (BS 8200, 1985).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 4 – Comparação entre critérios de segurança contra o fogo franceses e brasileiros</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 5 – Classificação dos materiais conforme velocidade de propagação de chamas (CB - IT 10, 2001)</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 6 – TRRF para elementos estruturais e de compartimentação (adaptado de CB-IT08/01)</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 7 – Coeficiente de transmissão térmica máximo – U (RT 2005).....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 8 – Transmitância térmica de paredes externas (ABNT NBR 15575-4, 2008)</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 9 – Capacidade térmica de paredes externas (ABNT NBR 15575-4,2008)</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 10 – Transmitância térmica para paredes de fachada, para qualquer edifício (Procel, 2008)</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 11 – Valores recomendados de transmitância térmica de paredes)</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 12 – Valores de isolamento acústico padronizado(Dn) para elementos de fachada</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 13 – Diferença Padronizada de Nível Ponderada da vedação externa , $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo (ABNT NBR 15.575-4:2008)</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 14 – Índice de Redução Sonora Ponderado da fachada (R_w) para ensaio de laboratório (ABNT NBR 15.575-4:2008)</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 15 – Características dos metais (adaptado de Reis, 2006; Freitas, Crasto, 2006)</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 16 – Revestimento mínimo de bobinas para perfis estruturais e não estruturais em regiões não marítimas (adaptado de FREITAS; CRASTO, 2006; ABNT NBR 15253, 2005).....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 17 – Critérios de conformidade de placas cimentícias: comparação norma européia e brasileira</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 18 – Características de algumas placas cimentícias comercializadas no Brasil e na Europa – uso externo.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 19 – Exemplos de componentes de vedação ou revestimento metálicos</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 20 – Características de absorção, transmissão e reflexão de vidros, considerando diferenças no espectro solar (dados analisados de CARAM, 2002).....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 21 – Classe do selante segundo sua capacidade de movimentação</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 22 – Resumo de algumas características de selantes</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 23 – Especificações para guarnições de EPDM</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 24 – Classe e dimensionamento dos materiais de vedação das juntas</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 25 – Considerações para a seleção do componente de vedação de juntas.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 26 – Identificação das normas francesas e sua referência</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 27 – Textos técnicos franceses sobre fachadas leves.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 28 – Objetivos, conteúdos e produtos das etapas do processo de projeto de um empreendimento de construção na França</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 29 – Etapas do processo de produção de um empreendimento de construção ou reabilitação na França e no Brasil.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabela 30 – Descrição dos lotes (estudo de caso A).....</i>	<i>129</i>

<i>Tabela 31 – Descrição dos lotes (estudo de caso B).....</i>	<i>131</i>
<i>Tabela 32 – Requisitos e critérios de desempenho das fachadas (caso A comparado ao caso B).....</i>	<i>138</i>
<i>Tabela 33 – Exigência e comprovação da conformidade dos componentes em pedra – caso A.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabela 34 – Exigência e comprovação da conformidade dos componentes das fachadas envidraçadas – caso A.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabela 35 – Exigência e comprovação de conformidade dos componentes das fachadas envidraçadas – caso B.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabela 36 – Etapas de projeto, seus conteúdos e agentes responsáveis.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabela 37 – Serviços divididos em lotes (caso D).....</i>	<i>160</i>
<i>Tabela 38 – Esquema da logística de execução dos lotes.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabela 39 – Fases, etapas, atividades e agentes do processo de reabilitação do empreendimento D.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabela 40 – Requisitos e critérios de desempenho das fachadas (caso C).....</i>	<i>164</i>
<i>Tabela 41 – Critérios de desempenho das fachadas em painéis pré-fabricados (caso D).....</i>	<i>166</i>
<i>Tabela 42 – Tecnologia e conformidade dos componentes das fachadas – Estudo de caso C.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabela 43 – Exigência e comprovação de conformidade dos componentes que constituem os painéis pré-fabricados das fachadas – caso D.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabela 44 – Etapas de projeto, seus produtos, conteúdos e agentes responsáveis.....</i>	<i>179</i>
<i>Tabela 45 – Tecnologia e conformidade dos componentes das fachadas – Caso F.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabela 46 – Descrição resumida de outros estudos de caso.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabela 47 – Esquema da metodologia proposta.....</i>	<i>194</i>
<i>Tabela 48 – Premissas com relação à gestão do processo de projeto de fachadas leves.....</i>	<i>196</i>
<i>Tabela 49 – Premissas com relação às especificações de projeto de fachadas leves.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabela 50 – Fases, Etapas, produtos e conteúdos de um projeto de fachadas (construção).....</i>	<i>209</i>
<i>Tabela 51 – Produtos e conteúdos da etapa de diagnóstico do projeto de renovação de fachadas.....</i>	<i>214</i>
<i>Tabela 52 – Quadro de identificação e classificação das principais interfaces do processo de projeto e da execução de fachadas leves.....</i>	<i>215</i>
<i>Tabela 53 – Correlação entre as interfaces e as etapas de projeto que devem ser consideradas.....</i>	<i>217</i>
<i>Tabela 54 – Alternativas tecnológicas, critérios de avaliação e atribuição de notas.....</i>	<i>220</i>
<i>Tabela 55 – Atribuição de pesos aos critérios, média ponderada das alternativas e decisão.....</i>	<i>221</i>
<i>Tabela 56 – Planilha para auxiliar a análise crítica do projeto de fachadas.....</i>	<i>223</i>
<i>Tabela 57 – Exemplo de planilha de avaliação da conformidade dos componentes de fachada.....</i>	<i>226</i>
<i>Tabela 58 – Resumo dos requisitos de desempenho a serem considerados no projeto de fachadas.....</i>	<i>231</i>
<i>Tabela 59 – Exigências de desempenho propostas, bem como métodos para avaliação.....</i>	<i>232</i>
<i>Tabela 60 – Especificação das características dos perfis das estruturas secundárias e dos dispositivos de fixação.....</i>	<i>239</i>
<i>Tabela 61 – Especificação das características dos componentes de fechamento ou revestimento.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabela 62 – Especificação das características dos isolantes.....</i>	<i>243</i>
<i>Tabela 63 – Especificação das características dos componentes de vedação das juntas.....</i>	<i>244</i>
<i>Tabela 64 – Principais propostas da metodologia e seus comentários.....</i>	<i>249</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFNOR – Associação Francesa de Normalização

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

ATEC – *Avis Technique* (apreciação técnica)

ATEX – Avaliação Técnica de Experimentação

BET – *Bureau d'Etude Technique*

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CBPMES - Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo -

CCAP – *Cahier de Clauses Administratives Particulières* (caderno de cláusulas administrativas)

CCPT – *Cahier des Clauses Techniques Particulières* (caderno de cláusulas técnicas)

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

CE – Certificação Europeia

CEN – Comitê Europeu de Normalização

CETA – Caderno de Encargos Técnico-Administrativos

CPT – Caderno de Prescrições Técnicas

CRFS – Cimento Reforçado com Fibras Sintéticas

CSPS – Coordenador de Segurança

CT – Controlador Técnico

DCE – *Dossier de Consultation des Entreprises* (diretrizes para chamada de proposta técnica)

DOE – *Dossier d'Ouvrage Executé* (documento de obra finalizada)

DTUs – *Documents Techniques Unifiés* (documentos técnicos unificados)

EN – Normas Europeias

EPUSP – Escola Politécnica da USP

FD – Fascículo de Documentação (FD)

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo

GRC – *Glass Reinforced Concrete* (concreto reforçado com fibra de vidro)

HQE – *Haute Qualité Environmental* (certificação para os projetos franceses que considerem aspectos de conforto e minimização de impactos ambientais)

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

IPTU – Imposto Predial Territorial e Urbano

NF – Normas Homologadas

OPC – *Ordonnancement, Coordination et Pilotage* (coordenador de obras)

PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat

PEO – Preparação para Execução de Obras (fase intermediária entre projeto e obra)

PIB – Produto Interno Bruto

PPSPS – *Plan Particulier de Sécurité et Prévention de la Santé*

PVB – Polimérica de Polivinil Butiral

PVD – *Physical Vapor Deposition* (processo de metalização)

RT 2000 – *Reglementation Thermique de 2000* (Reglamentação térmica francesa de 2000)

RT 2005 – *Reglementation Thermique de 2005* (Reglamentação térmica francesa de 2005)

SINAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores

TR – Elastômeros Termoplásticos

TRRF – Tempo Requerido de Resistência ao Fogo

VEA – *Vitrage Exterieur Attachée*

VEC – *Vitrage Exterieur Colée*

VUP – Vida Útil de Projeto

XP – Normas Experimentais (XP)

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

RESUMÉ

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	INTRODUÇÃO E ENFOQUE DA PESQUISA	1
1.2	JUSTIFICATIVA DA TESE	7
1.3	OBJETIVOS	11
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	11
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	11
1.4	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO DE TESE	12
1.5	LIMITAÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA	16
1.6	ESTRUTURA DA TESE	18
2	FACHADAS LEVES: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E DESEMPENHO	19
2.1	CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS LEVES	19
2.1.1	<i>Classificação das vedações de fachada</i>	19
2.1.2	<i>Definição e classificação das fachadas leves</i>	20
2.1.3	<i>Caracterização e exemplos de aplicação</i>	24
2.2	DESEMPENHO DE FACHADAS LEVES	28
2.2.1	<i>Segurança estrutural</i>	31
2.2.2	<i>Segurança contra incêndio: resistência e reação ao fogo</i>	33
2.2.3	<i>Estanqueidade à água e ao ar</i>	38
2.2.4	<i>Características das fachadas que influenciam no desempenho térmico e na eficiência energética do edifício</i>	40
2.2.5	<i>Características das fachadas que influenciam no desempenho acústico do edifício</i>	49
2.2.6	<i>Durabilidade e Manutenibilidade</i>	51
2.3	DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DA FACHADA LEVE	52

2.3.1	<i>Estrutura secundária metálica e dispositivos de fixação</i>	52
2.3.2	<i>Componentes de fechamento</i>	57
2.3.3	<i>Isolantes térmicos</i>	69
2.3.4	<i>Vedação das juntas: Guarnições e Selantes</i>	70
2.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	74
3	CONSTRUÇÃO FRANCESA COMPARADA À BRASILEIRA	76
3.1	CARACTERÍSTICAS DE MERCADO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO	77
3.2	REGRAS E FUNCIONAMENTO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO.....	82
3.2.1	<i>Textos oficiais (leis, decretos, arrêts e códigos)</i>	82
3.2.2	<i>Textos técnicos (normas técnicas, ATEC, marca “CE” e ATE, DTUs e CPT)</i>	85
3.2.3	<i>Certificação de produtos</i>	91
3.3	LEGISLAÇÕES E NORMALIZAÇÕES TÉCNICAS: GARANTIA, PROJETO E DESEMPENHO	95
3.3.1	<i>Responsabilidades, Garantia e seguro-construção</i>	95
3.3.2	<i>Construção nova, reabilitação e renovação de empreendimentos e suas partes</i>	97
3.3.3	<i>Processo de projeto e seus agentes</i>	98
3.3.4	<i>Exigências de Desempenho</i>	99
3.3.5	<i>Fachadas leves</i>	102
3.4	GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO.....	105
3.4.1	<i>Os principais agentes do processo e suas responsabilidades</i>	106
3.4.2	<i>As etapas de desenvolvimento do processo de projeto</i>	110
3.4.3	<i>Avaliação, verificação e controle do projeto</i>	115
3.4.4	<i>O Projeto de fachadas</i>	116
3.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	124
4	SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CASO	127
4.1	EMPREENDIMIENTOS DE CONSTRUÇÃO NOVA: FRANÇA.....	128
4.1.1	<i>Características gerais dos empreendimentos</i>	128
4.1.2	<i>Gestão do processo de projeto</i>	131
4.1.3	<i>O projeto de fachadas e suas exigências de desempenho</i>	137
4.1.4	<i>Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes</i>	143
4.1.5	<i>Problemas identificados na fase de execução das fachadas</i>	150
4.2	EMPREENDIMIENTOS DE REABILITAÇÃO E RENOVAÇÃO: FRANÇA	151
4.2.1	<i>Características gerais dos empreendimentos</i>	151
4.2.2	<i>Gestão do processo de projeto</i>	156

4.2.3	<i>O projeto de fachadas e suas exigências de desempenho</i>	163
4.2.4	<i>Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes</i>	167
4.2.5	<i>Problemas identificados na fase de execução das fachadas</i>	170
4.3	EMPREENHIMENTO DE CONSTRUÇÃO: BRASIL	170
4.3.1	<i>Características gerais do empreendimento: Estudo de caso E</i>	170
4.3.2	<i>Gestão do processo de projeto: Estudo de caso E</i>	171
4.3.3	<i>O projeto de fachadas e as exigências de desempenho: Estudo de caso E</i>	173
4.3.4	<i>Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes com especificações de projeto: Estudo de caso E</i>	174
4.3.5	<i>Problemas identificados na fase de execução das fachadas: Caso E</i>	175
4.4	EMPREENHIMENTO DE RENOVAÇÃO: BRASIL	176
4.4.1	<i>Características gerais do empreendimento: Estudo de caso F</i>	176
4.4.2	<i>Gestão do processo de projeto: Estudo de caso F</i>	177
4.4.3	<i>O projeto de fachadas e as exigências de desempenho: Estudo de caso F</i>	180
4.4.4	<i>Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes: caso F</i>	181
4.4.5	<i>Problemas identificados na fase de execução das fachadas: Caso F</i>	182
4.5	OUTROS ESTUDOS DE CASO	182
4.6	ANÁLISE E DISCUSSÃO SOBRE OS ESTUDOS DE CASO: REFLEXÕES QUANTO À TEORIA E A PRÁTICA	188
5	METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PROJETO DE FACHADAS LEVES	192
5.1	PREMISSAS PARA O EMPREGO DA METODOLOGIA PROPOSTA	196
5.1.1	<i>Da Gestão do processo de projeto de fachadas leves</i>	196
5.1.2	<i>Das especificações do projeto de fachadas leves</i>	201
5.2	GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE FACHADAS	203
5.2.1	<i>Atribuições dos agentes integrantes da equipe multidisciplinar</i>	203
5.2.2	<i>O processo de projeto de fachadas: etapas, serviços e conteúdos</i>	207
5.2.3	<i>Análise das Interfaces</i>	215
5.2.4	<i>Seleção tecnológica da fachada</i>	218
5.2.5	<i>Análise crítica dos projetos e do produto fachada leve</i>	221
5.3	ESPECIFICAÇÕES DAS FACHADAS E DOS SEUS COMPONENTES	228
5.3.1	<i>Especificações de desempenho para as fachadas leves: requisitos, critérios e métodos de avaliação</i>	228
5.3.2	<i>Especificação dos componentes: requisitos, indicadores de conformidade e métodos de avaliação</i>	238

5.4	ANÁLISE CRÍTICA DA METODOLOGIA PROPOSTA E CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO.....	245
6	CONCLUSÕES.....	247
6.1	QUANTO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS.....	247
6.2	QUANTO À METODOLOGIA PROPOSTA E SUA IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO.....	249
6.3	QUANTO ÀS DIFICULDADES E LIMITAÇÕES.....	252
6.4	QUANTO AOS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES DA TESE	253
6.5	QUANTO A TRABALHOS FUTUROS	254
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	256
	ANEXO A : PUBLICAÇÕES	267

1 INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO E ENFOQUE DA PESQUISA

As vedações de fachada contribuem para a valorização do empreendimento, especialmente pelo valor agregado que impõem ao edifício, em função de seus aspectos estéticos, simbólicos e culturais, além de poderem ser consideradas como um dos mais relevantes subsistemas do edifício. Quanto mais alto o edifício, maior a área de fachada e, portanto, maior o consumo de materiais e maior a quantidade de componentes para serem integrados. As fachadas, incluindo as esquadrias e os revestimentos, são responsáveis por criar condições de habitabilidade para o edifício, pois servem como mediadoras entre os meios externo e interno, podendo ainda apresentar um papel importante com relação à sustentabilidade dos edifícios, especialmente quando são projetadas para minimizar seus impactos ambientais. Além disso, o custo de execução e de manutenção das fachadas é expressivo com relação aos outros subsistemas; esse custo pode representar até 20% do custo total da obra¹.

Em razão da sua importância técnica e econômica, as tecnologias construtivas responsáveis pela execução das fachadas vêm passando por constantes evoluções ao longo dos últimos anos, como o surgimento das fachadas “inteligentes”, as quais são formadas por elementos leves e ativos que, muitas vezes, têm função de armazenar e gerar energia para o edifício (BAIRD, 2001; OLIVEIRA, 2002; TÉCHNE, 2007; AU-ARQUITETURA E URBANISMO, 2008).

No Brasil, atualmente, existem diversas tecnologias para atender as várias exigências dos clientes. Essa diversidade de tecnologias integra desde as fachadas convencionais, constituídas de paredes executadas com blocos ou tijolos e revestimentos aderidos, em

¹ (Construção mercado 59, 2006; Construção mercado 79, 2008; AECWeb – matéria 968, 2009 – Disponível em <http://www.aecweb.com.br>; estudos de caso A e B, apresentados no Capítulo 4 (item 4.1.1).

argamassa ou outro; até as fachadas pré-fabricadas, as quais são constituídas de painéis de concreto, de painéis de GRC (*Glass Reinforced Concrete*), de placas cimentícias, placas de vidro, painéis metálicos (alumínio, ou aço inox) de rocha ou de cerâmica.

As fachadas pré-fabricadas podem ser classificadas como pesadas, aquelas constituídas de elementos pesados, como os painéis de concreto; ou leves, aquelas constituídas de elementos leves formados, por exemplo, por placas cimentícias ou placas de vidro, estruturados, ou não, com perfis metálicos (ABNT – NBR 11685, 1990; NF P 28 001, 1990; Mendonça, 2005).

Acredita-se que o emprego de fachadas em elementos leves tem espaço no mercado da construção civil, especialmente para uso em edifícios comerciais (*shopping centers*, hotéis e escritórios), em função de fatores como facilidade de manuseio, diversidade de produtos e potenciais ganhos econômicos e estéticos.

Entretanto, essas tecnologias ainda são carentes de desenvolvimentos tecnológicos nacionais mais específicos e projetos melhor elaborados, nos quais se considerem questões do processo de projeto e de execução, bem como do desempenho da fachada em uso, como segurança, eficiência energética, isolamento acústico, estanqueidade à água, durabilidade e manutenabilidade.

Sabe-se que o mercado da construção caminha em velocidade diferente das pesquisas acadêmicas, das associações e instituições que desenvolvem normas técnicas e mesmo dos institutos que fazem avaliações de desempenho em sistemas construtivos ditos “inovadores”. Por isso, existem vários empreendimentos prontos, ou em andamento, que utilizaram em suas vedações de fachada tecnologias em elementos leves sem que os agentes do processo do projeto (arquitetos, engenheiros, construtores, coordenadores, etc.) e da obra propriamente dita tivessem documentos técnicos de referência, como manuais ou normas técnicas, que balizassem a execução e controle do projeto e da obra.

Essa ausência de materiais técnicos balizadores pode ser considerada uma das justificativas para a quantidade de manifestações patológicas que surgem nas fachadas dos edifícios e que comprometem seu desempenho. Segundo alguns levantamentos, grande parte dos problemas relativos à falta de estanqueidade à água de edifícios em uso é decorrente de infiltrações de água pela fachada (OLIVEIRA; MALLART, 2005).

Além de problemas relacionados à ocorrência de patologias, a falta de materiais técnicos gera problemas relacionados à eficiência do processo (baixa produtividade por seleção de equipamentos de transporte não adequado ou por problemas de logística com outros

serviços e com o próprio canteiro de obras), e ao incremento desnecessário do custo (custo do produto, do processo de execução e de manutenção das fachadas).

Outro aspecto relevante refere-se à quantidade de vedações de fachada que apresentam problemas de segurança e durabilidade em função da falta de planejamento e de execução de operações de manutenção, além daqueles casos em que, pelas características de projeto da fachada, as operações de manutenção são quase impossíveis de serem realizadas.

Uma das formas de reduzir esses problemas nas fases de execução e de uso de um edifício é incrementar a qualidade do projeto (*entendendo o projeto como produto e processo*), pois é a quantidade e a qualidade das informações contidas no projeto que certamente ditarão a qualidade final do empreendimento. Melhado (1994) expõe que “*o projeto pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto*”. Entretanto, pode-se também dizer que quanto pior a qualidade do projeto maior a probabilidade de ocorrerem problemas. Segundo várias pesquisas, realizadas desde a década de 80 até atualmente, aproximadamente 40% das manifestações patológicas decorrem de falhas de projeto² (QUALIFORM, 1987; SOUZA, 1988; BONIN, 1988; MESSEGUER, 1991; FIESS et al, 2004). Essas falhas geram custos adicionais nas fases de execução ou de manutenção do empreendimento, custos estes que poderiam ser eliminados ou reduzidos, caso as falhas tivessem sido detectadas no próprio processo de elaboração de projetos, como demonstraram Hammarlund; Josephson (1992).

A garantia da qualidade do projeto repercutirá na qualidade do empreendimento como um todo, sendo que o controle da qualidade é o principal fator de sucesso do projeto. “*O controle da qualidade do projeto pressupõe a comparação do estado atual ou final do processo com padrões pré-estabelecidos, por isso o controle da qualidade do projeto dita a necessidade de serem estabelecidas especificações que servirão de padrão, segundo as quais o projeto e o edifício serão analisados e controlados*” (FRANCO, 1992).

Essas especificações qualitativas, ou quantitativas, podem ser:

- fruto das exigências de um cliente-contratante como, por exemplo, a FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo), que tem seu próprio

² Consideram-se falhas de projeto aquelas operações de construção ou de manutenção que foram mal executadas por falta de detalhamento, omissões ou equívocos de projeto, relativos aos materiais, às técnicas construtivas e aos meios de produção.

caderno de “Normas de apresentação de projetos de edificações”, no qual constam as exigências com relação à qualidade gráfica dos desenhos e as informações mínimas que cada projeto específico deve conter (disponível em <http://www.fde.sp.gov.br> – Catálogos técnicos);

- resultado de discussões entre agentes e representações do setor, como o Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo, elaborado pela AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) em consenso com algumas outras associações representativas do setor da construção (disponível em www.asbea.org.br);
- resultado de regras, exigências ou recomendações estabelecidas em legislações ou normas técnicas;
- resultado de estudos e pesquisas que se proponham a estabelecer as especificações, ou informações, mínimas que um projeto deve conter.

As especificações, independentemente da sua origem, objetivam que a execução do projeto atenda às expectativas para a produção e uso de um edifício, com desempenho e qualidade esperados. Por isso, parte das informações que um projeto deve conter diz respeito às questões de desempenho do produto edifício e de suas partes, ou seja, informações que servirão para analisar o comportamento deste edifício em uso.

A aplicação do conceito de desempenho no projeto de um edifício pode contribuir potencialmente para incrementar a qualidade deste edifício, uma vez que existe a possibilidade da identificação mais precisa das exigências humanas e das ações externas que agem sobre o edifício e, por consequência, dos requisitos e critérios de desempenho a serem observados. Assim, a adoção do conceito de desempenho, especialmente desde a fase de concepção de projetos, implica definir quais as condições a serem satisfeitas pelo produto, tanto em nível qualitativo (requisito³) quanto quantitativo (critério⁴), quando submetido a condições normais de uso (SOUZA, 1983).

³ Requisitos de desempenho são condições qualitativas que devem ser cumpridas pelo um edifício, a fim de que sejam atendidas as exigências do usuário (ABNT NBR 15.575-1, 2008).

⁴ Conjunto de especificações e procedimentos que visam representar tecnicamente as exigências do usuário segundo as Normas Técnicas vigentes. São expressos de forma a possibilitar a análise objetiva do atendimento, ou não, às exigências estabelecidas (ABNT NBR 15.575-1, 2008).

Entretanto, quais são os requisitos e critérios de desempenho que devem ser considerados no projeto de vedações de fachada? Quais são as características que seus elementos, componentes e materiais devem ter para apresentar uma qualidade adequada às expectativas dos usuários?

No Brasil, foi aprovado um conjunto de normas de desempenho para edifícios habitacionais até cinco pavimentos (ABNT – NBR 15.575, partes 1 a 6, 2008)⁵, a qual teve como base uma publicação do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) de 1998 intitulada “Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social”. Porém, essa norma é direcionada para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

A aprovação desta norma foi um ganho para a construção brasileira, pois haverá um material técnico reconhecido que balizará especificações mínimas de desempenho para habitações, o que certamente servirá de referência para os agentes dos outros segmentos do setor. Entretanto, para que exigências de desempenho de um empreendimento não-residencial sejam especificadas, é necessário que os projetistas comparem as normas de desempenho de edifícios habitacionais com as exigências específicas do empreendimento, analisando normas e bibliografia estrangeiras sobre o assunto, levando em conta, também, as condições específicas de cada país, ou região, e as tecnologias a serem empregadas.

Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de um documento técnico que contemple, entre outros, os requisitos e critérios de desempenho mínimos que devem ser considerados tanto para o subsistema objeto de estudo, quanto para os seus componentes.

Acredita-se que um documento técnico que balize o desenvolvimento do processo de projeto das vedações de fachada, formadas por tecnologias de elementos leves, pode contribuir para o aumento dos níveis de industrialização e de qualidade das construções em vários segmentos da construção, como, por exemplo, o da construção de edifícios comerciais de múltiplos pavimentos e o da reabilitação⁶ e renovação⁷ de edifícios,

⁵ Norma de desempenho: conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para um produto, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes, com base em exigências do usuário segundo as Normas Técnicas vigentes. A norma de desempenho inclui ainda os métodos de avaliação do atendimento ou não às exigências estabelecidas (ABNT NBR 15.575-1, 2008).

⁶ Adotar-se-á neste trabalho o conceito de que reabilitação é a ação de restabelecer o empreendimento ao seu estado de origem, utilizando tecnologias disponíveis, restabelecendo, portanto, seu valor venal (Choay, 1992 e Koelliker *et al*, 1999).

especialmente daqueles cuja renovação (*retrofit*)⁸ das vedações de fachada é uma das operações principais.

No caso particular da renovação de fachada, a utilização de elementos leves é um dos requisitos básicos, isso porque a estrutura principal e as fundações poderão receber reforços, mas não poderão ser totalmente modificadas, devido, principalmente, a questões de viabilidade econômica. Além disso, a maior parte dos edifícios carentes por renovação encontra-se em centros urbanos, onde o uso de equipamentos de transporte de grande porte é difícil. Como exemplo de fachada renovada, cita-se a do edifício sede da Telefônica, que foi construída em 1970 e era, inicialmente, em concreto aparente, com janelas chanfradas a 45 graus. Após a renovação, a fachada passou a ser constituída de painéis de alumínio composto, com janelas de vidro laminado, sem terem sido necessários grandes reforços estruturais no edifício, em razão da leveza dos componentes utilizados na nova fachada (FINESTRA/BRASIL, 2001). Essa renovação na fachada conferiu um aspecto moderno e elegante ao edifício, aumentando, consequentemente, seu valor comercial.

É importante ressaltar que o mercado de reabilitação e renovação de edifícios, especialmente nos grandes centros urbanos, como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre, tende a crescer em razão de diversos motivos: necessidade de modernizar fachadas e instalações face às novas tecnologias e exigências estéticas atuais, número crescente de edifícios com mais de quarenta anos e carentes por renovação, e surgimento de leis de incentivos fiscais que visam incentivar ações para revitalização de centros urbanos como, por exemplo, a Lei nº 12 350⁹ – Lei de fachadas da cidade de São Paulo, e a disposição de financiamento de US\$ 100 milhões do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) à Prefeitura Municipal de São Paulo para serem investidos em projetos de recuperação da área central da cidade (FERREIRA et al, 2003).

⁷ Adotar-se-á neste trabalho o conceito de que renovação é a ação de restabelecer o empreendimento ao “novo” por “profundas” transformações que dão ao empreendimento um melhor estado e um “novo” aspecto. A renovação, diferente da restauração, é sinônimo de perda de características históricas e visa prolongar a vida útil, eventualmente modificar o uso, e aumentar o valor venal do imóvel, incorporando modernas tecnologias (Choay, 1992 e Kolliker *et al*, 1999).

⁸ O setor da construção civil brasileira tem empregado o termo “*retrofit*” para aquelas operações que, neste trabalho, estão definidas como “renovação”.

⁹ A Lei nº 12 350 – Lei de fachadas – dá isenção fiscal de IPTU (Imposto predial territorial urbano) por um período de 10 anos para os edifícios que fizerem um trabalho de recuperação/restauro e/ou reforma em suas fachadas (FERREIRA *et al*, 2003; VESPUCCI, 2004).

Cabe observar que a renovação da fachada pode ser feita não somente para adequação às exigências estéticas e de durabilidade, mas também para incrementar o desempenho térmico da fachada visando aumento da eficiência energética do edifício. Além disso, a renovação não significa necessariamente alterar totalmente as características arquitetônicas da fachada; caso as fachadas tenham alguma importância no contexto histórico da região, pode-se, por exemplo, substituir os componentes antigos por outros tecnologicamente mais apropriados, mantendo-se as características arquitetônicas originais. Este tipo de renovação é bastante comum na França, podendo-se citar os casos do edifício *Parks Hermès*, em Lyon, e do Hotel Ibis, na Rua de Cambrone, em Paris¹⁰.

1.2 JUSTIFICATIVA DA TESE

A vedação de fachada, como anteriormente observado, é um subsistema importante em função tanto de razões econômicas quanto técnicas, e problemas relacionados à eficiência do processo, ao custo elevado das operações de uso e manutenção, e à ocorrência de manifestações patológicas, as quais comprometem seu desempenho, são geralmente provenientes de falhas no processo de projeto. Estas falhas podem ter origens diversas: falhas provenientes de especificações de projeto; ausência de informações que dificultam o controle da qualidade do produto-fachada e do seu processo de produção; problemas com relação à durabilidade e qualidade dos materiais empregados; falhas de execução (aquelas relativas à falta de controle dos serviços ou omissão da execução de alguma especificação que conste em projeto); falta ou insuficiência de operações de manutenção, entre outros.

Parte destas falhas pode ser minimizada com o incremento da qualidade do processo de projeto, uma vez que o projeto pode conter informações que auxiliarão a tomada de decisões nas fases de execução e de uso de um edifício. Além disso, o projeto tem grande influência no custo final da construção: uma especificação inadequada ou não realizada pode comprometer os custos inicialmente planejados. Segundo Castan (2005), a importância da fase de projetos é, muitas vezes, subestimada, pois 70% a 90% dos custos de um produto complexo, como a fachada de um edifício, são consequência das decisões

¹⁰ Informações disponíveis respectivamente em: http://www.abeliante.com/media/id_lyonvilleurbaine_hermes.pdf / 20/03/07 e em: < http://www.interbat.com/french/tribunes/innovation/renovation_hotel.htm> / 20/03/2007.

tomadas nas primeiras etapas do projeto.

Entretanto, para incrementar a qualidade do projeto, é necessário, primeiro, identificar e entender os problemas existentes, para, posteriormente, elaborar um “plano” para solucioná-los. Os problemas do processo de projeto no Brasil, particularmente relacionados com o projeto de fachadas, podem ser analisados sob dois pontos de vista: problemas com relação à gestão do processo de projeto e com relação às especificações do edifício e de suas partes.

Dos problemas relacionados à gestão do processo de projeto, considerando o setor da construção civil brasileira no que tange especialmente ao subsistema fachada, têm-se que:

- a concepção da fachada, na maioria dos casos, é feita pelo arquiteto, ou outro profissional, considerando somente aspectos estéticos; dificilmente nesta etapa é realizada qualquer análise de viabilidade técnica com relação aos aspectos de desempenho ou de construtibilidade, o que gera, muitas vezes, conflitos na fase de execução da obra e nas fases de uso e manutenção (MELHADO, 2001; AQUINO, 2006);
- deficiência na identificação de cada agente que participa do desenvolvimento do projeto, dificultando saber quem especifica, quem controla e quem aceita um determinado projeto (MELHADO, 2001);
- deficiência na atividade de coordenação de projetos, o que geralmente acarreta problemas de interface na fase de execução da obra e, conseqüentemente, aumento do seu custo (MELHADO, 2001; AQUINO, 2006; OLIVEIRA, 2005c). Al Hammad (2001) coloca que o sucesso do processo de produção de um edifício depende essencialmente da coordenação, cooperação e comunicação entre os agentes da construção, e se problemas de interfaces entre partes da construção ocorrerem, esses afetarão a qualidade do processo e do produto final;
- falhas na interface entre projeto e obra, gerando conflitos e diminuição de produtividade na fase de execução da obra, comprometendo, em alguns casos, a qualidade do produto final (MELHADO, 2001; SOUZA, 2001, AQUINO, 2006; DUEÑAS PENA, 2006);
- deficiência nos projetos para produção, especialmente no projeto de vedações verticais, o que também gera problemas na fase de execução do edifício, acarretando, muitas vezes, atrasos e aumentos de custos da produção (AQUINO, 2006; DUEÑAS

PENA, 2006);

- o execução do projeto “*As-built*” não consolidada, ou seja, o projeto “*As-built*” não pode ser considerado como prática corrente das empresas construtoras, o que gera problemas na fase de uso do edifício, especialmente para a realização das atividades de manutenção ou renovação (OLIVEIRA, 2006);

Dos problemas relacionados às especificações e controle da qualidade do edifício e suas partes, no que tange ao subsistema fachada, têm-se que:

- o número insuficiente de documentos técnicos de referência, como normas técnicas ou cadernos de boas práticas, que balizem a execução de projetos. Segundo Cleto (2006), a maior parte dos documentos técnicos de referência existente está inserida nos Programas de Qualidade – QUALIHAB e PBQP-H, os quais são voltados para habitação popular, ou são instrumentos de ação isolada;
- o deficiência ou ausência de especificações de desempenho, em função de vários problemas, como desconhecimento do assunto pelos projetistas, bem como ausência de documentos de referência. O conjunto de normas de desempenho brasileiro é direcionado para edifícios habitacionais de cinco pavimentos; por isso, nem sempre poderá ser utilizado como base para o desenvolvimento de projetos de edifícios não-residenciais de múltiplos pavimentos;
- o deficiência ou ausência de especificações dos materiais e componentes, o que, muitas vezes, impede o conhecimento das suas características, bem como da viabilidade técnica do seu emprego sob condições climáticas e operacionais brasileiras;
- o aumento do uso de tecnologias “inovadoras”, como as fachadas “inteligentes” ou componentes sintéticos, as quais, ainda, não têm pesquisa finalizada para a realidade brasileira, o que dificulta a elaboração dos projetos e a garantia da qualidade das fases de execução, uso e manutenção.

A identificação destes problemas motivou o desenvolvimento da presente pesquisa, a qual não se propõe a solucionar os problemas de gestão do processo de projeto, nem a carência de informações tecnológicas relativas a todos os subsistemas e seus componentes, mas ao menos para as vedações de fachada formadas por tecnologias leves ter-se-á um documento orientativo, que poderá ser utilizado como um manual que servirá para direcionar o desenvolvimento dos projetos e que conterá informações e especificações que este projeto deve apresentar em cada uma das suas respectivas etapas.

Acrescenta-se que os problemas anteriormente descritos podem ser encontrados tanto no processo de projeto de construções novas, quanto de reabilitação ou renovação de edifícios; por isso, acredita-se que esta pesquisa possa ser útil a ambos os segmentos, visto que o mercado brasileiro de reabilitação e renovação de edifícios tende a crescer e também é carente de informações que orientem o desenvolvimento e a implementação de seus projetos.

O desenvolvimento desta tese baseou-se em estudos bibliográficos e também em análise de exemplos práticos (estudos de caso), objetivando ilustrar e caracterizar tanto as más quanto as boas práticas de construção. Por isso, planejou-se estudar o processo da produção de edifícios em um país que apresentasse grau de desenvolvimento tecnológico no setor da construção civil superior ao brasileiro, especialmente no que diz respeito às regras de desempenho e ao desenvolvimento do processo de projeto, objetivando estabelecer uma comparação entre as práticas do processo de projeto de edifícios nesse país e as práticas no Brasil, em relação às fachadas leves, tanto para construção quanto para reabilitação ou renovação de edifícios.

Selecionou-se a França para a realização deste estudo, hipoteticamente, em razão de dois fatores: primeiro, pelos contatos com institutos e universidades francesas já existentes, devido aos trabalhos que foram conduzidos por pesquisadores da EPUSP¹¹ no país. Segundo, pelas características do setor (descritas e analisadas por estes trabalhos) que, guardados os devidos contextos, podem servir de modelo para o setor da construção civil brasileira: presença intensiva e extensiva da normalização técnica; existência de um sistema de avaliação e normalização de produtos; existência de um sistema de seguro construção que incita ao cumprimento de normas técnicas e de legislações; existência de legislações que definem o papel dos agentes do processo de produção do empreendimento; a existência de uma etapa no processo de projeto, a qual se denominou preparação da obra – PEO, que visa a elaboração de detalhes de projeto e projetos para a produção, buscando minimizar os problemas de interação projeto-obra, entre outras (MELHADO, SOUZA, 2000). Todas essas são características da construção de edifícios na França que se contrapõem

¹¹ CARDOSO (2003), (MELHADO, SOUZA, 2001); MELHADO (2001), SOUZA (2001).

aos problemas brasileiros com relação ao processo de projeto anteriormente descritos.

Dessa forma, a constatação de que a construção francesa apresenta desenvolvimento tecnológico superior à construção brasileira no que diz respeito ao processo de projeto, às legislações e às normalizações de desempenho e das fachadas leves, será mostrada no decorrer do trabalho.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Propor uma metodologia para o desenvolvimento do processo de projeto de vedações de fachada, particularizado para as tecnologias de fachadas leves, para edifícios comerciais¹², considerando tanto a possibilidade da construção quanto da renovação, discutindo-se aspectos de gestão e tecnologia.

1.3.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja atendido, alguns outros objetivos secundários foram estabelecidos:

- definir e classificar a terminologia de fachada leve, bem como caracterizar as tecnologias construtivas que se enquadram nesta terminologia;
- analisar e comparar os estudos da construção francesa e brasileira relacionados aos seguintes temas: legislações e normalizações de desempenho, tecnologias de fachadas leves; a gestão e o processo de projeto de forma geral; e o processo de projeto de fachadas leves;
- discutir e recomendar os requisitos e os respectivos critérios de desempenho para o subsistema fachada, particularizados para as tecnologias de fachadas leves, compatíveis com as condições brasileiras; e também recomendar as características principais que os componentes formadores das fachadas leves devem apresentar.

¹² Entende-se, neste tese, como edifícios comerciais: *shopping centers*, hotéis e escritórios.

1.4 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO DE TESE

Foram adotadas basicamente duas estratégias de pesquisa, classificadas, segundo Yin (2005), em: levantamentos (pesquisas) bibliográficos e estudos de caso. Os estudos de caso foram adotados como estratégia de pesquisa para permitir a análise de processos e comportamentos num contexto real, e para responder questões do tipo “como” e “por que”. Segundo Yin (1981), esse tipo de estudo de caso é classificado como explanatório, pois objetiva explicar e demonstrar fatos. Particularmente nesta tese, os estudos de caso têm o objetivo de demonstrar e comprovar as similaridades entre os estudos teóricos (baseados em bibliografias) e práticos (baseados em estudos de caso).

Assim, a metodologia para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho de tese foi dividida em quatro grupos, os quais foram subdivididos em etapas, que não necessariamente ocorreram sequencialmente, conforme ilustra a Figura 1. O primeiro grupo diz respeito aos estudos no Brasil; o segundo, aos estudos na França; o terceiro grupo, à análise e confronto entre os resultados dos estudos no Brasil e na França; e o quarto grupo, à proposição da metodologia para desenvolvimento do processo de projeto de fachadas leves.

Figura 1 – Esquema da metodologia empregada para o desenvolvimento desta tese

Grupo 01 : Estudos no Brasil

Etapa 1 – Pesquisa bibliográfica e estudo de alguns aspectos do setor da construção civil no Brasil: foram realizadas pesquisas visando fundamentar as justificativas e propostas deste trabalho, sendo elas: pesquisas que auxiliaram na contextualização do setor da construção brasileira no que diz respeito ao objeto de estudo; pesquisas com relação ao processo do projeto e seus eventuais problemas; pesquisas relacionadas às questões de desempenho; e levantamentos sobre os tipos de fachadas leves empregadas em edifícios brasileiros, comparando as tecnologias empregadas com a existência de

manuals ou normas técnicas ou documentos de referência que balizaram sua execução e utilização;

Etapla 2 – Estudos de caso no Brasil (São Paulo): foram realizados dois estudos em empreendimentos cujas fachadas são classificadas como fachadas leves. Um estudo acompanhou a construção, e o outro a renovação da fachada. A metodologia utilizada para a realização dos estudos de caso no Brasil foi similar à utilizada nos estudos de caso na França (ver etapa 4).

Grupo 2 : Estudos na França

Para realizar os estudos na França, a autora desta tese morou em Paris, França, por um período de um ano e três meses. Nesse período, estava vinculada à *Université de Technologie de Compiègne – UTC (filière Systèmes Techniques Intégrés, Department Génie des systèmes urbains)*, sob a supervisão do Prof. Dr. Mindj Maizia. Foi também nesse período que realizou os estudos de caso e a pesquisa sobre o setor da construção francesa.

Etapla 3 – Estudo de alguns aspectos do setor da construção francesa: vários aspectos da construção francesa, considerados relevantes para o objeto de estudo deste trabalho, foram estudados, tais como:

- as fases da produção de empreendimentos de construção e renovação, bem como a identificação e atribuições dos agentes responsáveis por cada fase;
- as regras e práticas frequentes do desenvolvimento do processo de projeto de forma geral, e quando específico para fachadas;
- os documentos técnicos de referência, como DTUs (*Documents Techniques Unifiés*) e *Avis Techniques*, com relação ao subsistema e os componentes que integram o objeto de estudo deste trabalho, visando compreender as informações constantes de cada um desses documentos;
- as normalizações técnicas, legislações e regulamentações relacionadas à questão de desempenho, especialmente com relação à segurança ao fogo, desempenho térmico e eficiência energética, desempenho acústico, estanqueidade à água, durabilidade e manutenibilidade;

Para tanto, foram feitas entrevistas com arquitetos, projetistas, engenheiros ou outros agentes do setor, e visitas a bibliotecas das universidades e institutos, bem como consulta a meios eletrônicos.

Etapla 4 – Estudos de caso na França: foram realizados quatro estudos em empreendimentos franceses, os quais consideraram as fases de projeto, construção e entrega da obra. Nos estudos feitos em paralelo à execução da obra ou após a finalização da mesma, analisaram-se documentos da fase de projeto e execução, e realizaram-se entrevistas com os respectivos projetistas de fachada e arquitetos. Optou-se por realizar esses estudos nas etapas de obra ou na entrega da mesma para que a eficiência e a qualidade das proposições de projeto pudessem ser analisadas. Dois dos estudos foram realizados em construção nova, e dois em operações de renovação de edifício. Dessa forma, as seguintes informações foram coletadas:

- Informações gerais: endereço, características arquitetônicas e construtivas do empreendimento, tempo de execução do projeto e da obra e, eventualmente, custo de execução da fachada com relação aos outros subsistemas;
- Informações relacionadas à gestão da produção do empreendimento e do processo de projeto, particularizados para o processo de projeto de fachadas: organização contratual e funcional dos agentes; identificação dos documentos do empreendimento (projetos gráficos e escritos), especialmente daqueles que apresentam alguma interface com as fachadas; conteúdo desses documentos, etapa do processo para a qual cada documento foi emitido, e responsáveis pela sua elaboração e controle; esquema de difusão desses documentos tanto nas etapas que antecedem a solicitação de aprovação do projeto, como na etapa de preparação e execução da obra; e planejamento da execução das fachadas;
- Informações relacionadas à qualidade da fachada e de seus componentes: exigência de desempenho da fachada e de seus componentes e formas de comprovação dessa exigência: certificados de qualidade, ensaios no canteiro, etc.
- Informações relacionadas à obra (montagem da fachada e suas interfaces);
- Informações relacionadas ao cumprimento do planejamento da execução da fachada; ocorrência de problemas na etapa de execução e identificação das causas destes problemas; comparação entre produtos postos em obra e especificados em projeto, entre outros.

Grupo 3 : Análise comparativa entre os estudos no Brasil e na França

Nessa fase, buscou-se, primeiro, identificar e analisar as diferenças entre os estudos realizados no setor da construção civil brasileira e francesa. Segundo, realizou-se uma

análise para saber se as diferenças identificadas poderiam ser consideradas como vantagens do setor francês com relação ao brasileiro. E, por último, concluiu-se “o quê” e “como” algumas dessas vantagens poderiam servir de exemplo para a construção brasileira e se poderiam ser incorporadas à proposta deste trabalho.

Grupo 4 : Proposta

Etapas 5 – Proposta quanto aos parâmetros de desempenho a serem considerados nos projetos de fachada: os requisitos e critérios de desempenho serão propostos com base em um estudo comparativo feito entre documentos de referência nacionais (normas, legislações e bibliografias) e documentos estrangeiros;

Etapas 6 – Proposta quanto aos aspectos de gestão do processo de produção da fachada leve: baseado nos estudos e análises feitos nas etapas anteriores, propõem-se as atribuições dos agentes do processo, as etapas e escopos mínimos de projetos, parâmetros para a realização da análise crítica dos projetos e do produto, bem como métodos para a realização do processo de seleção tecnologia e de análise e solução das interfaces.

Etapas 7 – Formulação da metodologia: a metodologia foi formulada baseada nos resultados das etapas anteriores. A apresentação da metodologia foi estruturada em etapas, as quais propositalmente coincidem com as etapas do processo de projeto.

Etapas 8 – Avaliação da proposta por profissionais do setor: a metodologia proposta foi encaminhada para profissionais que atuam em áreas de projeto de arquitetura, projeto para produção de vedações verticais, consultoria de desempenho, consultoria de fachadas e coordenação de projetos; isso para que esses profissionais pudessem analisar criticamente a metodologia, que foi revisada em função dessas análises (retroalimentação da proposta).

1.5 LIMITAÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA

O objetivo geral da tese é discutir aspectos de gestão e tecnologia do processo de projeto de fachadas leves. Por isso, em razão da abrangência do tema, foi necessário limitar quais aspectos de gestão e de tecnologia seriam estudados.

Os aspectos de gestão selecionados são, segundo opinião da autora desta tese, aqueles que impactam o processo, seja positiva ou negativamente. Assim, foram elencados quatro aspectos:

- a) os agentes participantes do processo e suas atribuições: definir preliminarmente os

responsáveis pelas atividades é essencial para o planejamento do processo e para possibilitar controles e cobranças de eficiência e qualidade;

- b) os escopos e produtos das atividades do processo de projeto: a definição do que deve ser tratado em cada etapa do processo, ao menos os itens mais relevantes, facilita a análise crítica do projeto e o entendimento pelos projetistas do que deve ser estudado;
- c) o método para análise e solução das interfaces existentes: considera-se importante para o processo a identificação das interfaces e sua solução durante o mesmo. Importante também observar que não se considera somente as interfaces físicas, mas também interfaces com processos e decisões de projeto, de execução e de manutenção;
- d) o método para seleção tecnológica da fachada: considera-se que uma seleção tecnológica baseada somente em critérios genéricos e qualitativos pode trazer prejuízos para o processo de produção e uso da fachada;
- e) a análise crítica dos projetos e do produto “fachada leve”: aspecto importante a ser discutido, para que a qualidade do projeto e do produto-fachada possa ser analisada de forma criteriosa e objetiva.

Com relação aos aspectos tecnológicos, são discutidas as especificações de desempenho do subsistema fachada, quando formado por tecnologias de fachadas leves, e as especificações das características dos componentes que formam essas tecnologias. As características dos componentes discutidas são aquelas consideradas pela autora desta tese como “críticas” para o desempenho da fachada de forma geral. Entretanto, para os componentes de fechamento, optou-se por tratar somente de três tipos: placas cimentícias, placas metálicas e placas de vidro, em função do potencial de utilização desses componentes no mercado brasileiro. Além disso, considerou-se que a estrutura secundária é formada por perfis metálicos (aço, alumínio ou aço inoxidável).

Outra limitação importante refere-se à tipologia de edifícios, isto é, a metodologia proposta é direcionada para edifícios comerciais, pois os critérios de desempenho e o processo de produção de edifícios residenciais são um pouco diferentes dos de edifícios comerciais.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

Para atender aos objetivos propostos, este trabalho está estruturado em seis capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: Introdução e justificativas, objetivos, metodologia e limitação do objeto da pesquisa.

Capítulo 2 – Fachadas leves: definição, classificação e desempenho: nesse capítulo, objetiva-se definir o que são fachadas leves, caracterizar os componentes que formam essas tecnologias, bem como apresentar alguns exemplos. Discutem-se ainda os requisitos e os respectivos critérios de desempenho do subsistema fachada, particularizados para as tecnologias de fachadas leves, comparando-se as exigências de normas e bibliografias estrangeiras com as nacionais.

Capítulo 3 – Construção francesa comparada à brasileira: nesse capítulo, apresentam-se algumas características do setor da construção francesa comparadas com as da construção brasileira, a fim de mostrar as diferenças entre o desenvolvimento do processo de projeto francês com relação ao brasileiro, particularmente, no que diz respeito ao processo de projeto de fachadas.

Capítulo 4 – Estudos de caso: esse capítulo apresenta os estudos de caso realizados na França (construção, renovação e reabilitação) e os estudos de caso realizados no Brasil (construção e renovação). O objetivo desse capítulo é exemplificar “na prática” o que foi exposto “teoricamente” no Capítulo 3.

Capítulo 5 – Metodologia para desenvolvimento do processo de projeto de fachadas leves: nesse capítulo é apresentada a proposta de metodologia que foi baseada, entre outras, nos resultados e análises dos capítulos anteriores.

Capítulo 6 – Conclusões: o capítulo de conclusões está apresentado em partes: quanto aos objetivos propostos; quanto à metodologia proposta e sua implementação e aplicação; quanto à limitação da pesquisa; quanto aos resultados e contribuições; quanto à avaliação de outros profissionais; e quanto às propostas de trabalhos futuros.

2 FACHADAS LEVES: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E DESEMPENHO

Neste capítulo, objetiva-se definir o que são fachadas leves, caracterizar os componentes que formam essas tecnologias, e apresentar alguns exemplos de aplicação.

Além disso, discutem-se os requisitos e os respectivos critérios de desempenho do subsistema de vedação de fachada a serem priorizados quando se empregam tecnologias de fachadas leves, e as características dos seus respectivos componentes, comparando exigências de normas e bibliografias estrangeiras com as nacionais.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS LEVES

2.1.1 Classificação das vedações de fachada

Do ponto de vista construtivo, o edifício pode ser considerado um sistema, o qual pode ser dividido em partes (subsistemas): fundações, estrutura, vedações verticais (interna e externa), instalações, vedações horizontais, cobertura, impermeabilização e outros.

A vedação vertical externa, também denominada de vedação fachada, ou simplesmente fachada, pode ser entendida como sendo um subsistema do edifício constituído por elementos que compartimentam e definem os ambientes internos dos externos, controlando a ação de agentes indesejáveis, sendo, portanto o invólucro do edifício. Dessa forma, as esquadrias e o revestimento são partes da vedação de fachada. Porém, do ponto de vista construtivo, os revestimentos são, em alguns casos, considerados separadamente, em função da sequência de execução dessas atividades no conjunto dos serviços (SABBATINI *et al.* 1998). Por exemplo, pode-se classificar as vedações de fachada em função do momento em que o acabamento é incorporado a ela:

- **Vedação com revestimento incorporado:** trata-se daquelas vedações de fachada cujos elementos construtivos são posicionados acabados em seus lugares definitivos, sem a necessidade de aplicação de revestimentos a posteriori. É o caso, por exemplo, dos painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto.
- **Vedação com revestimento a posteriori:** trata-se daquelas vedações de fachada cujos elementos construtivos são executados em seus lugares definitivos, sem a

aplicação prévia de revestimentos. É o caso, por exemplo, das alvenarias que receberão revestimentos aderidos ou não-aderidos;

- o Vedaço **sem revestimento**: so aquelas vedaes de fachada formadas por elementos construtivos que no necessitam da aplicao de revestimentos. o caso, por exemplo, das fachadas envidraadas.

Outra classificao que interessa ao objeto deste trabalho refere-se densidade superficial de uma vedao, ou seja, as vedaes de fachada podem ser divididas em:

- o leves: so as vedaes verticais no estruturais, constitudas de elementos de densidade superficial baixa, cujo limite aproximado 100kg/m^2 (A ABNT NBR 15.575-4 considera elementos leves aqueles aqueles cuja densidade menor que 60kg/m^2).
- o pesadas: so as vedaes verticais que podem ser estruturais ou no, constitudas de elementos de densidade superficial superior ao limite pr-determinado de aproximadamente 100kg/m^2 .

Dessa forma, limita-se o objeto de estudo deste trabalho s vedaes de fachada, formadas por elementos construtivos leves com ou sem revestimento incorporado, denominadas nesta tese de fachadas leves.

2.1.2 Definio e classificao das fachadas leves

A norma francesa AFNOR NF P 28 001 (1990) e o UEATC13 (1984) definem fachada leve como “um conjunto de elementos construtivos com funo de vedao vertical externa (vedao de fachada) constitudos por componentes pr-fabricados que formam vrias camadas, sendo que pelo menos a camada mais externa tem massa inferior a 100 kg/m^2 ”. Essas camadas, componentes de fechamento ou de revestimento (paramentos internos e externos), isolantes e cmara de ar, so geralmente suportadas por uma estrutura (estrutura secundria), a qual fixa estrutura principal do edifcio; ou so fixadas diretamente estrutura do edifcio atravs de dispositivos de fixao (insertos metlicos). A Figura 2 ilustra um esquema de fachada leve.

¹³ *Union Europenne pour l'agrement technique dans la construction.*

Figura 2 – Esquema em corte longitudinal de fachada leve (adaptado de Silva, 1998)

A AFNOR NF P 28 001 (1990) também classifica as fachadas leves segundo seu posicionamento com relação à estrutura principal do edifício em:

- o fachada **cortina**: fachada leve, constituída de uma ou mais camadas, posicionada totalmente externa à estrutura do edifício (à face exterior das lajes de borda), formando uma pele sobre o mesmo. Em francês, esta classificação é conhecida pela expressão *façade rideaux*, e em inglês *curtain-wall*.
- o fachada **semicortina**: fachada leve, constituída de uma ou mais camadas, cuja camada exterior é posicionada externa à estrutura do edifício e a camada interior interna e entre pavimentos. Esta norma considera que a camada interior não obrigatoriamente deve ser leve, existem casos em que a camada interior da fachada semicortina é uma parede em alvenaria ou em concreto, e a camada exterior um revestimento não aderido. Porém, a fachada é formada pelo conjunto parede e revestimento não aderido, sendo as funções de vedação vertical externa cumpridas pelo conjunto (parede + camadas externas). Em francês, esta classificação é conhecida como *façade semi-rideaux*. Algumas bibliografias americanas e inglesas tratam esta classificação como *cladding wall*.

As figuras a seguir ilustram as fachadas leves segundo seu posicionamento no edifício.

Figura 3 – Seção esquemática de fachada-cortina constituída de várias camadas

Figura 4 – Seção esquemática de fachada semicortina constituída de várias camadas

As normas e bibliografias francesas buscam diferenciar fachada semicortina de revestimento não aderido (*bardage rapporté*). Entretanto, o revestimento não aderido pode ser a camada externa de uma fachada semicortina desde que o conjunto, camada interna e camada externa, cumpram a função de vedação vertical externa, ou seja, apresente estabilidade

horizontal, segurança a impactos, estanqueidade à água, etc.

Segundo a publicação do *Steel Construction Institute* SCI - P274 (1998), quando a camada de ar existente entre a camada interior (vedo) e o revestimento não aderido é ventilada (*rain screen system*), a tecnologia é denominada de fachada ventilada.

A ASTM E-631 (1998) define fachada-cortina como sendo uma parede exterior não aderida, segura e suportada por partes estruturais do edifício.

O ICC (1997) define fachada-cortina como sendo uma vedação externa estruturada e fixa à estrutura suporte do edifício e projetada para acomodar suas próprias deformações estruturais e cargas horizontais de vento, além de controlar a entrada de água e ar, e minimizar os efeitos da radiação solar.

O termo fachada-cortina também é tratado por caixilhos (esquadrias) especiais e sua definição consta da norma brasileira de caixilhos, ABNT – NBR 10821 (2000), como sendo “*caixilhos interligados e estruturados com função de vedação que formam um sistema contínuo, desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou da largura na fachada da edificação, sem interrupção pelo menos por dois pavimentos*”.

Sabbatini *et al.* (1998), no livro de tecnologia de vedações verticais, define fachada-cortina como sendo “*uma envoltória externa, por acoplamento a seco, desmontável ou removível, leve, estruturada* (possui uma estrutura secundária para suporte dos componentes de vedação); *modular* (com juntas aparentes), *descontínua*¹⁴, *sugerindo que funciona como vedação e revestimento*”.

Siqueira Junior (2003) define fachada-cortina como “um sistema formado por placas ou painéis fixados externamente à base suporte do edifício por uma subestrutura secundária, constituindo-se no revestimento externo ou na vedação exterior de uma edificação”. Ao analisar essa definição, observa-se que o autor considera que a fachada-cortina pode ser um revestimento não-aderido, o que a autora desta tese não considera como adequado, visto que o revestimento pode integrar a fachada, mas não pode ser considerado como a própria fachada, uma vez que sozinho não tem condições para cumprir com as funções de

¹⁴ Descontínua: classificação em função da continuidade do pano em relação à distribuição dos esforços, ou seja, a absorção dos esforços é feita pelos componentes (placas ou painéis) e distribuídos por entre a estrutura da própria vedação e, necessariamente, existem juntas entre os componentes, que podem ser aparentes ou não (Sabbatini *et. al.*, 1998).

vedação.

Portanto, para esta tese, adotar-se-á a definição da norma francesa NF P 28 001 (1990) com relação ao termo fachada-cortina e semicortina, pois as operações de renovação de fachada, um dos principais objetos do trabalho, tende a empregar tecnologias de fachadas leves, classificadas como fachadas semicortina, por ser a mais conveniente para aqueles casos nos quais se pretende aproveitar a parede (vedo) existente, que em função de diversos problemas já não atende integralmente sua função como vedação vertical externa, e adicionar a ela outras camadas gerando uma parte adicional, cujo conjunto deve atender aos requisitos de desempenho de uma fachada.

Outro ponto a ser observado são os elementos construtivos e decorativos que integram a fachada, como cornijas, terraços, marquises, peitoris, brises, entre outros. Todos esses elementos resultam na expressão arquitetônica do edifício, influenciando sua estética e sua volumetria¹⁵, mas também contribuindo com seu desempenho, como por exemplo os brises empregados para minimizar entrada de raios solares. Portanto, serão considerados neste trabalho como sendo parte integrante da fachada.

2.1.3 Caracterização e exemplos de aplicação

As fachadas leves, além dos elementos construtivos e decorativos (brises, peitoris e cornijas) que a integram, são constituídas basicamente dos seguintes componentes (CSTB DTU 33.1,1996; SCI – P274, 1998):

- componentes de fechamento e/ou revestimento: placas de vidro, placas cimentícias, placas metálicas, placas de rocha, placas cerâmicas, placas de gesso acartonado, placas de materiais sintéticos, etc.;
- isolantes térmicos: placas de poliestireno expandido, ou extrudado, painéis em lã mineral, etc.;
- estrutura secundária: podem ser metálicas ou de madeiras. Entretanto, neste trabalho serão abordadas somente as estruturas metálicas, as quais são compostas de perfis metálicos (montantes e travessas) e seus acessórios (parafusos, porcas, presilhas,

¹⁵ Volume é a massa principal que equaciona as possibilidades construtivas desejadas; volumetria é a expressão da arquitetura, que resulta da composição dos seus elementos plásticos e construtivos (FERREIRA, 2005).

- arremate, luva, etc.), que juntos têm a função de apoiar os componentes de fechamento, revestimento e isolante, suportar cargas laterais e absorver deformações;
- dispositivos de fixação (insertos metálicos): são responsáveis por fixar a estrutura secundária da fachada à estrutura principal do edifício, ou eventualmente fixar os componentes de fechamento ou revestimento (placas de revestimento ou painéis de fechamento) à estrutura principal, quando estes são autoportantes;
 - componentes de vedação das juntas: selantes, guarnições (ou gaxetas) em perfis termoplásticos pré-formados e membranas flexíveis. Esses componentes são responsáveis por absorver deformações diferenciais entre elementos ou componentes construtivos, e também pela estanqueidade do elemento de fachada.

Cada um desses componentes, bem como suas principais características, as quais devem ser consideradas no desenvolvimento de projetos, serão descritos no item 2.3.

As fachadas leves, apesar de serem formadas por componentes pré-fabricados, também podem ser classificadas segundo seu processo de montagem em montadas no local ou pré-fabricadas. As fachadas montadas no local (*stick*) são aquelas onde as estruturas secundárias e os outros componentes da fachada são montados no seu local definitivo, ou seja, os montantes, as travessas e os componentes de fechamento são unidos entre si diretamente no seu local definitivo. Já as fachadas leves pré-fabricadas são aquelas cujos componentes são unidos em unidade fabril (seja em fábrica ou em canteiro de obras), formando painéis modulares (denominados pelo mercado brasileiro de módulo unitizado), que são transportados para seu local definitivo com o auxílio de equipamento de transporte vertical (gruas, guindastes, etc.) e são fixados à estrutura do edifício por meio de dispositivos de fixação.

Quanto à fixação dos componentes (placas) de fechamento ou revestimento na estrutura secundária, tem-se três tipos: por fixação mecânica (aparafusamento ou encaixe), por colagem, ou mista (parte colada parte fixa). Por exemplo, no sistema conhecido como *structural glazing*, a placa de vidro, ou placa metálica, é colada com silicone estrutural nos perfis metálicos que estruturam o módulo unitizado. No caso de placas cimentícias, essas podem, por exemplo, ser presas às estruturas secundárias por meio de parafusos autobrocantes.

A Tabela 1 mostra alguns tipos de fachadas leves empregadas em empreendimentos de construção ou de renovação.

Tabela 1 – Exemplos de aplicação

Item	Descrição do processo construtivo		Fonte
	Vedação vertical externa ⁽¹⁾	Aplicação	
1	fachada moldada no local composta de placas de madeira, câmara de ar, estrutura secundária em madeira, isolante e parede de concreto (vedo anteriormente existente)	renovação das fachadas de uma escola pública	<i>Les Cahiers Techniques du Bâtiment</i> , 2005, <i>annuel n°1</i> , p. 34
2	fachada pré-fabricada formada por painéis constituídos de duas placas de vidro laminado (vidro insulado) intercaladas por uma câmara de ar estruturados em perfis de alumínio	construção nova – empreendimentos de escritórios (Figura 5)	estudo de caso A apresentado no Capítulo 4
3	fachada moldada no local composta de placas de rocha, câmara de ar, isolante, fixações e parede de concreto (vedo anteriormente existente)	renovação das fachadas de um empreendimento de escritórios	estudo de caso C apresentado no Capítulo 4
4	fachada pré-fabricada formada por painéis modulares constituídos de placas cimentícias, câmara de ar, placa de gesso acartonado, espuma de poliuretano como isolante, e outra placa de gesso acartonado internamente	renovação das fachadas e conversão de uso do imóvel	CMHC – case 43 ¹⁶
5	fachada moldada no local composta por placas cerâmicas, câmara de ar, placas de gesso acartonado, estrutura secundária em perfis de aço galvanizado conformado a frio (<i>light steel frame</i>) e uma placa de gesso acartonado na face interna da estrutura	construção nova – empreendimentos residencial (Figura 6)	<i>NSC Magazine – Feature – Beaufort Court, London</i> – Vol. 11/ n° 06/ 2003
6	fachada moldada no local composta de painéis cimentícios fixados a uma estrutura secundária em perfis de aço galvanizado conformado a frio, câmara de ar e parede de concreto (vedo anteriormente existente)	renovação das fachadas (Figura 7)	CMHC – case 23
7	fachada moldada no local composta de painéis cimentícios, câmara de ar, componente isolante, placa de gesso acartonado e estrutura secundária em aço conformado a frio fixado à parede de concreto (vedo anteriormente existente)	renovação das fachadas de um edifício universitário	<i>Steel Construction Institute</i> P274, 1998 e P176/A, 1997
8	fachada moldada no local composta de placas de resinas acrílicas fixadas por dispositivos de fixação à parede em alvenaria revestida com granito (vedo e revestimento em granito anteriormente existentes)	renovação das fachadas de um edifício residencial (Figura 8)	PROJETO DESIGNED. 286, 2003; OLIVEIRA et al. (2005)
9	fachada pré-fabricada formada por painéis constituídos de duas placas cimentícias reforçada com fibra de vidro (GRC – <i>Glass Reinforced Concrete</i>), intercaladas por uma placa isolante de lã de vidro (painel autossuporte)	construção nova – empreendimentos comercial	Oliveira; et al 2003 e < http://www.pavido.com.br >
⁽¹⁾ descrição dos componentes de fachada, segundo seu posicionamento, do mais externo para o mais interno			

¹⁶ Disponível em: http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/bude/himu/bebu/bebu_001.cfm. Acesso em 10/08/2007.

Figura 5 – Fachada pré-fabricada formada por painéis estruturados em perfis de alumínio e constituídos de duas placas de vidro laminado intercaladas por uma câmara de ar (arquivos da autora deste trabalho)

Figura 6 – Fachada moldada no local composta de painéis cimentícios fixados a uma estrutura secundária em aço, câmara de ar e parede de concreto anteriormente existente (NSC Magazine – Feature – Beaufort Court, London – Vol. 11, nº 06, 2003)

a) fachada em parede de concreto antes da renovação

b) fachada após operações de renovação

Figura 7 – Fachada moldada no local composta de painéis cimentícios fixados à uma estrutura secundária em aço, câmara de ar e parede de concreto existente (CMHC – case 23, 2007)

Figura 8 – Fachada do edifício Marambaia em São Paulo: antes e depois da renovação (PROJETODESIGN, ed. 286, 2003)

Conclui-se, portanto, que existem várias tecnologias de fachadas leves, além de existirem várias alternativas e combinações possíveis entre os componentes, o que torna o assunto complexo. Por isso, objetiva-se tratar os pontos comuns entre essas tecnologias, particularmente no que diz respeito aos aspectos de gestão do processo de projeto e das especificações de desempenho. No entanto, não se descarta a necessidade de que, num certo momento do processo de projeto, as particularidades de cada tecnologia devam ser consideradas, especialmente para o desenvolvimento do projeto executivo e do projeto para produção, assunto este a ser tratado no Capítulo 5.

2.2 DESEMPENHO DE FACHADAS LEVES

O subsistema de vedação vertical externa (vedação de fachada), incluindo as esquadrias e os revestimentos, tem, predominantemente, a função de criar condições de habitabilidade para o edifício e de servir como mediadora entre os meios externo e interno, modificando as condições interiores como requerido pelo usuário, além da função estética.

Segundo Silva (1998), quando se empregam fachadas leves, as funções de vedação e

estrutura tornam-se definitivamente desvinculadas: o elemento de fachada não é estrutural e nem pode assumir papel de contraventamento da estrutura, devido às folgas necessárias para a sua própria movimentação e montagem. O paramento externo leve (componente pré-fabricado de fechamento) não conta com as vantagens de isolamento térmico e acústico atreladas à massa, e o desempenho das juntas é fundamental para garantir o desempenho do conjunto.

Para desempenhar essas funções, as tecnologias de fachadas leves devem atender a determinados requisitos, os quais, nesta tese, são agrupados em quatro grupos: estética, segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Esses requisitos são especificados em função de legislações e normas técnicas específicas e/ou de objetivos do empreendedor e clientes (programa de necessidades do empreendimento).

Os requisitos estéticos dependem de fatores que, na maior parte das vezes, extrapolam o objeto desta tese, por traduzirem expressões artísticas e particulares; portanto, não serão tratados neste capítulo. Entretanto, alguns aspectos relativos à tolerâncias de desvios geométricos (desalinhamento entre elementos) e variação de cor devem ser considerados, pois precisam constar de contratos e projetos, e dependem de exigências do empreendedor.

Os requisitos de segurança são sempre essenciais. O atendimento aos requisitos que expressam os níveis de habitabilidade deve respeitar, pelo menos, os limites mínimos relacionados à saúde dos usuários, e dependem do contexto e ocupação do edifício. As exigências de sustentabilidade variam de acordo com as características de exposição, e são fixadas a partir do equilíbrio entre circunstâncias econômicas e ambientais.

Apresenta-se, na Tabela 2, os requisitos de desempenho, agrupados em requisitos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade, que devem ser considerados prioritários para o desenvolvimento de projetos de fachadas leves. Observa-se que os requisitos e critérios discutidos destinam-se ao subsistema fachada quando formado por tecnologias de fachadas leves, independentemente se esta é uma fachada-cortina ou semicortina, pois se discute o desempenho do conjunto.

Importante observar que o atendimento a requisitos térmicos e acústicos dos elementos da fachada não garantem conforto térmico ou acústico do ambiente, ou edifício, pois esse conforto depende de uma combinação de fatores, os quais não podem ser analisados isoladamente, como ruído externo, ventilação, sistema de ar condicionado, uso do edifício, entre outros. Por isso, nesta tese, quando se abordam questões de desempenho térmico e acústico das fachadas, trata-se das características mínimas dos elementos de fachada que

podem contribuir no desempenho global do edifício.

Tabela 2 – Requisitos de desempenho do subsistema vedação vertical externa quando se emprega fachadas leves (adaptado da AFNOR XP 28-004,1995; ISO 6241, 1984; ISO 7361, 1986; ABNT NBR 15.575-1:2008)

	Requisitos de desempenho da fachada leve na fase de uso
Segurança	1- Segurança estrutural - resistência mecânica e estabilidade das estruturas secundárias e dos componentes de fechamento, eficiência dos dispositivos de fixação e capacidade de deformação das juntas - resistência do elemento de fachada a impactos externos e internos
	2 - Segurança ao fogo - reação ao fogo dos componentes de fechamento - resistência ao fogo dos elementos de fachada, para elementos de compartimentação horizontal ¹⁷ - resistência ao fogo dos dispositivos de fixação - garantia da compartimentação vertical ¹⁸ do pavimento - isolamento com relação aos edifícios vizinhos - acessibilidade ao edifício pelas fachadas
Habitabilidade	3 – Estanqueidade à água e ao ar - estanqueidade à água e controle do fluxo de entrada de ar - eficácia na drenagem de águas que escorram pela fachada
	4 – Características que influenciam no desempenho térmico e na eficiência energética do edifício - respeito às características térmicas mínimas dos elementos de fachada - respeito às taxas mínimas de ventilação na fachada - minimização de entrada de calor em função da orientação do edifício - minimização de entrada de calor em função da seleção de componentes envidraçados com fator solar adequado - diminuição da entrada de calor em função do respeito à relação entre área transparente e área opaca
	5 – Características que influenciam no desempenho acústico do edifício - isolamento sonora mínima
Sustentabilidade	6 – Durabilidade e Manutenibilidade - definição da VUP (vida útil de projeto) da fachada e de seus componentes - seleção de materiais e componentes em função da VUP, bem como estabelecimento de prazos para inspeção e troca de materiais - facilidade de manutenção e conservação (racionalização dos custos associados às operações de manutenção e limpeza) - garantia de segurança para manuseio, conservação e limpeza da fachada - potencial de desmontabilidade da fachada antes do término da VUP
	7 – Minimização de impactos ambientais (somente será abordado o requisito referente à eficiência energética da fachada, que será analisada juntamente com o requisito de desempenho térmico, por serem assuntos interligados)

¹⁷ Compartimentação horizontal: medida de proteção, constituída de elementos construtivos resistentes ao fogo, separando ambientes, de tal modo que o incêndio fique contido no local de origem e evite a sua propagação no plano horizontal (CB-IT 03, 2001).

¹⁸ Compartimentação vertical: medida de proteção que dificulta a propagação do fogo no plano vertical (CB-IT 03, 2001).

Nesta tese propõe-se que as questões de desempenho sejam tratadas em três níveis: primeiro, define-se quais os requisitos prioritários para o empreendimento em questão; segundo, adotam-se os critérios de desempenho (indicadores quantitativos) para os respectivos requisitos, baseados em normas técnicas ou pesquisas existentes; e terceiro, especifica-se como realizar a avaliação técnica das fachadas e seus componentes.

Assim sendo, faz-se, nos itens a seguir, uma breve descrição dos requisitos de desempenho expostos na Tabela 2, e discutem-se seus eventuais critérios, buscando comparar aqueles estabelecidos por legislações e normas estrangeiras com as nacionais.

Quanto à maneira de realizar a avaliação técnica da fachada e dos seus componentes, esta pode ser feita empregando diversos métodos, cuja escolha depende da situação de cada projeto. Alguns dos métodos comumente empregados são: ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios em campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e análises de projetos, bem como comparações entre situações (ou elementos construtivos) similares.

2.2.1 Segurança estrutural

2.2.1.1 Resistência mecânica e estabilidade

A norma francesa (AFNOR XP 28-004, 1995) recomenda que o elemento construtivo que forma a fachada leve seja projetado de modo que sua resistência mecânica assegure sua estabilidade, e que as deformações oriundas das cargas atuantes não comprometam a estabilidade dos componentes. Para tanto, ainda segundo esta norma, o projeto deve:

- determinar as solicitações sobre o elemento fachada (determinar as cargas estáticas e dinâmicas atuantes), sejam elas permanentes ou acidentais: peso próprio, cargas horizontais devidas ao vento, variações de temperatura e de higrotermia, solicitações provenientes da estrutura principal que devem ser absorvidas pelas fixações e juntas, e outras cargas devidas ao uso e manutenção do edifício;
- verificar os valores admissíveis de deformação de cada componente ao considerar os efeitos de cada solicitação, ou da combinação das solicitações.

Os **dispositivos de fixação** devem atender a duas características principais:

- resistência mecânica para transmitir as cargas de vento e peso próprio dos componentes da fachada para a estrutura principal;

- o capacidade de absorver deformação: as fixações precisam apresentar um ajuste dimensional mínimo que acomode deformações (variações volumétricas dos componentes somadas ao ajuste às tolerâncias de fabricação e montagem dos componentes).

A **estrutura secundária** tem a função de suportar as cargas dos componentes de fechamento e transmiti-las à estrutura principal. O *Cahier du CSTB 2383* (1990) recomenda que os perfis das **estruturas secundárias**, sob solicitação de cargas de pressão e depressão de vento, sejam projetados para apresentarem deslocamentos máximos de $L/300$ do vão (L = comprimento livre do perfil).

A ABNT NBR 10821 (2000) define que os deslocamentos máximos para os perfis de fachadas-cortina envidraçadas, sob pressão de vento, não devem ser maior que $L/175$ do vão; entretanto, em nenhum caso esse deslocamento pode ser superior a 2cm.

Os **componentes de fechamento e revestimento** devem ser capazes de transmitir aos seus pontos de apoio (estrutura secundária) todo o carregamento proveniente do seu peso próprio, da ação do vento e outras solicitações sem romper ou deformar-se excessivamente, observando que, em painéis com espessura reduzida, o efeito dos ciclos de aquecimento e/ou molhagem pode ser mais significativo que a ação do vento (ISO 7361, 1986; *Cahier du CSTB 2383*;1990). A BS 8200 (1985) recomenda que os deslocamentos dos componentes respeitem as condições da Tabela 3.

Tabela 3 – Máximos deslocamentos permitidos (BS 8200, 1985)

Componente/painel de revestimento	Deslocamento máximo entre dois pontos de apoio
painéis não translúcidos (opacos)	1/90 a 1/500 (função do material) - adotando-se 1/350
painéis em vidro simples	1/125
painéis em vidro duplo	1/175

Apesar de existir uma norma brasileira que trata dos critérios da resistência mecânica (estabilidade) das fachadas, esses critérios dizem respeito às deformações dos perfis da estrutura secundária, não sendo considerados outros aspectos. Os critérios da norma brasileira, apesar de menos rigorosos do que os especificados na norma francesa, têm um limite máximo de 2 cm. Entretanto, não existem normas ou manuais brasileiros que especifiquem critérios para os componentes de fechamento. Assim, nesta tese propõe-se adotar os critérios da BS 8200, uma vez que foram dimensionados em função da estética da fachada e da capacidade do material em absorver deformações sem a ocorrência de

fissuras.

2.2.1.2 Resistência a impactos

Os elementos da fachada devem apresentar resistência contra ação de choques para assegurar segurança tanto aos ocupantes do edifício quanto às pessoas que eventualmente estão nas proximidades do edifício. Dessa forma, o elemento de fachada não pode ser atravessado nem empurrado para fora da sua posição, e não deve haver quedas de objetos para fora do edifício que causem lesões corporais às pessoas que se encontram no exterior do edifício (AFNOR XP 28-004, 1995; DTU 39, 1993; NBR 10821, 2000).

A resistência aos choques é expressa pela resistência aos impactos de corpo mole, sendo que o elemento de fachada deve ser avaliado para uma altura de segurança de 1 m do piso (altura mínima de um guarda-corpo ou peitoril), e internamente ao pavimento (NBR 10821, 2000; DTU 39, 1993); exceção feita ao pavimento térreo, no qual a resistência do elemento deve ser avaliada tanto interna quanto externamente.

O DTU 39 (1993) especifica que os elementos de fachada até a altura de 1 m, especialmente quando os componentes de fechamento são painéis de vidro, devem resistir os impactos de 600 joules, sem ruptura ou perda de estabilidade do elemento.

A ABNT NBR 14.718 (2008) especifica que os elementos de fachada, na altura de guarda-corpo, não devem romper sob impacto de 700 joules (impacto interno). A ABNT NBR 15.575- 4 (2008) recomenda que o elemento de fachada constituído de componentes leves, com função de guarda-corpo, deve resistir a uma energia de até 480 joules para impacto interno. Apesar desta norma ser destinada para edifícios habitacionais, ela pode ser considerada referência para outros tipos de edifícios, pois independentemente do tipo e altura do edifício, a preocupação com a segurança contra a queda de um usuário ou de um objeto deve ser igual. Portanto, os critérios da norma brasileira de desempenho podem ser adotados sem prejuízo da segurança.

2.2.2 Segurança contra incêndio: resistência e reação ao fogo

Os elementos de fachada, considerados como elementos de compartimentação, devem apresentar resistência ao fogo por um período de tempo suficiente para possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança e para evitar danos a edificações adjacentes. Assim, esses elementos em situações de incêndio devem apresentar estabilidade, não devem permitir a passagem de fogo e fumaça por entre seus componentes e juntas, e devem isolar a alta temperatura da sua face interna da externa.

Na Franca, os requisitos de segurança contra incêndio de fachadas leves são expressos por: reação ao fogo dos componentes da fachada, resistência ao fogo do elemento da fachada, resistência ao fogo dos dispositivos de fixação, garantia da compartimentação vertical e isolamento com relação aos edifícios vizinhos. No Brasil, esses requisitos também são abordados pela legislação, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre critérios de segurança contra o fogo franceses e brasileiros

Requisitos	Critérios de desempenho	
	França (<i>Cahier du CSTB</i> 2383, 1990; <i>Cabinet Casso et Cia</i> , C3280, 2004)	Brasil (CB – Decreto Estadual SP 46076/2001 - IT08/04; CB – IT 10, 2004; CB IT 09, 2004)
Reação ao fogo dos componentes	As camadas externas das fachadas devem ser projetadas com componentes de revestimento classe M2 para edifícios com $h^{19} < 28\text{m}$, e classe M0 para edifícios com $h > 28\text{m}$, sendo os materiais classificados em: M0 (incombustíveis), M1, M2, M3, M4 (grau crescente de combustibilidade)	Os materiais de revestimento e isolamento das faces externas da fachada devem ser classificados como Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com $l_p < 25$ – ver <i>Tabela 5</i>). Exigência para edifícios com área construída maior que 750m^2 , ou altura maior que 12m. Os materiais transparentes das esquadrias devem ser incombustíveis; exceção feita aos vidros laminados
Resistência ao fogo do elemento de fachada	Os elementos de fachada, quando considerados elementos de compartimentação, devem ser classificados como corta-fogo 1 hora para edifícios cuja $h \leq 28\text{m}$, e 2 horas para edifícios com $h > 28\text{m}$	Os elementos de compartimentação, incluindo elementos de fachada e selagens de shafts, devem apresentar resistência ao fogo (TRRF), no mínimo, igual ao da estrutura principal, não podendo ser inferior a 60 minutos. Essa é uma exigência para edifícios com área construída maior que 750m^2 , ou altura maior que 12m. O TRRF é determinado em função do tipo de ocupação e da altura da edificação, como exemplifica a <i>Tabela 6</i>
Resistência ao fogo dos dispositivos de fixação	A fixação deve apresentar um tempo mínimo de resistência ao fogo, que é função da resistência ao fogo especificada para o elemento de fachada, devendo ser no mínimo de 1 hora	As fachadas pré-fabricadas devem ter seus dispositivos de fixação devidamente protegidos contra a ação do incêndio

¹⁹ h=altura do edifício.

Garantia da compartimentação vertical (as fachadas não devem constituir um meio de propagação do fogo para os pavimentos superiores nem para as edificações vizinhas)	Deve existir separação na fachada entre aberturas de pavimentos consecutivos, por meio de vigas e peitoris (C), ou prolongamento de lajes além do alinhamento da fachada (D): a soma das dimensões C+D deve ser $\geq 1\text{m}$ (para edifícios com $h \leq 28\text{m}$) e $> 1,20\text{m}$ (para edifícios com $h > 28\text{m}$). Os componentes incluídos na avaliação do “C” devem ser pelo menos para-chamas $\frac{1}{2}$ hora (ver esquema Figura 9)	Deve existir separação na fachada entre aberturas de pavimentos consecutivos, que podem ser parapeitos ou prolongamento de lajes (abas). Os peitoris devem ter altura $\geq 1,2\text{m}$ (Figura 10), ou as abas terem $0,9\text{m}$ de comprimento (Figura 11). Além disso, as frestas entre elementos de fachada e elementos da estrutura devem ser devidamente seladas, de forma a evitar a propagação do fogo por entre as juntas entre pavimentos
Isolamento com relação aos edifícios vizinhos	1) para edifícios cuja altura é menor que 28m : os edifícios vizinhos devem estar distantes $8,0\text{m}$ da fachada do edifício, caso contrário a fachada do edifício deve ser corta-fogo de $1,0$ ou $2,0$ horas (dependendo da classe de uso e ocupação do edifício), e ainda respeitar a regra C+D. 2) para edifícios cuja altura é maior que 28m , os edifícios vizinhos devem estar distantes de $8,0\text{m}$, caso contrário tanto a fachada do edifício deve apresentar resistência ao fogo de $2,0$ horas quanto o próprio edifício vizinho deve ser para-chamas de $2,0$ horas (ver esquema Figura 12)	As instruções técnicas do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo estabelecem relações e equações, cujos resultados estabelecem regras com relação ao isolamento aos edifícios vizinhos. Entretanto, como esse critério não é claro, sua aplicação é dificultada
Acessibilidade ao edifício pela fachada	Prevê acesso para entrada do corpo de bombeiros pela fachada, respeitando as imposições do Corpo de Bombeiros	-

Tabela 5 – Classificação dos materiais conforme velocidade de propagação de chamas (CB - IT 10, 2004)

Método de ensaio Classe		ISO 1182	NBR 9442
I		Incombustível	-
II	A	Combustível	$l_p < 25$ / (classe A)
	B	Combustível	$l_p < 25$ / (classe A)
III	A	Combustível	$25 < l_p < 75$ / (classe B)
	B	Combustível	$25 < l_p < 75$ / (classe B)
IV	A	Combustível	$75 < l_p < 150$ / (classe C)
	B	Combustível	$75 < l_p < 150$ / (classe C)
V	A	Combustível	$150 < l_p < 400$ / (classe D)
	B	Combustível	$150 < l_p < 400$ / (classe D)
VI		Combustível	$l_p > 400$ / (classe E)
Ip = Índice de propagação de chamas			

Tabela 6 – TRRF para elementos estruturais e de compartimentação (adaptado de CB-IT08/04)

Grupo	Ocupação/ Uso	Altura da edificação (m)			
		Classe P3 $12 \leq h \leq 23$	Classe P4 $23 \leq h \leq 30$	Classe P5 $30 \leq h \leq 80$	$h > 80$
B	Serviços de hospedagem	60	90	120	CT
C	Comercial varejista	60	90	120	CT
D	Serviços profissionais e técnicos	60	90	120	CT
E	Educacional	60	90	120	CT
CT = Verificar junto a comissão técnica do CBPMES

Figura 9 – Esquema da regra C+D

Figura 10 – Compartimentação vertical – verga e peitoril (CB - IT 09, 2001)

Figura 11 – Compartimentação vertical – projeção da laje (CB - IT 09, 2001)

Figura 12 – Isolamento com relação aos edifícios vizinhos

Conclui-se que as exigências da legislação brasileira têm vários pontos convergentes com as legislações francesas, especialmente no que diz respeito à necessidade de proteção dos dispositivos de fixação, à selagem das juntas e à introdução de detalhes construtivos (peitoris e/ou projeção da laje) para dificultar a propagação do fogo por entre pavimentos.

Porém, a legislação francesa especifica exigências de resistência ao fogo para elementos de fachada de qualquer edifício, independentemente da sua área construída, ou altura. Já a legislação e a normalização brasileira apresentam exigências somente para edifícios que tenham área construída maior que 750m^2 , ou altura maior que 12m. Assim, nesta tese, serão adotados critérios de resistência ao fogo de, no mínimo, 30 minutos para edificações com altura menor que 12m, independentemente da sua área construída.

Com relação ao requisito de isolamento com os edifícios vizinhos, podem-se usar as regras francesas como base, caso não existam critérios nacionais objetivos.

A legislação francesa considera também a acessibilidade aos bombeiros como um aspecto importante a ser levado em conta nos projetos, pois pode influenciar no projeto arquitetônico do edifício, visto que, para edifícios de altura superior a 28 m, o projeto deve prever que os bombeiros possam acessar o edifício através das fachadas. Assim, nesta tese, sugere-se que este requisito também seja considerado em projetos.

2.2.3 Estanqueidade à água e ao ar

2.2.3.1 Estanqueidade ao ar

O elemento de fachada deve impedir a penetração de ar e água do ambiente exterior para o interior, ou seja, deve ser estanque ao ar e à água. No caso da estanqueidade ao ar, as exigências são traduzidas pelo controle do fluxo de entrada de ar.

Segundo o *Cahier du CSTB* 2383 (1990) e a norma AFNOR XP 28-004 (1995), o controle do fluxo de ar não deve permitir que o ar infiltrado seja o responsável pelo aumento do consumo de energia de um ambiente, e não deve prejudicar o conforto dos usuários, no caso de entrada de correntes de ar frio, ou ar quente.

Os critérios de permeabilidade ao ar discutidos neste artigo são para edifícios climatizados, caso de grande parte dos edifícios comerciais. Vittorino; Akutsu (1997) expõem que, geralmente, os ensaios e os critérios especificados em normas técnicas referem-se ao elemento de fachada, pois a verificação da permeabilidade ao ar de toda a fachada é mais difícil de ser realizada, ocorrendo somente por meio de inspeções nos locais. Assim, os critérios descritos referem-se a resultados de ensaios a serem realizados nos elementos (janela ou painel).

A norma francesa (AFNOR XP 28-004:1995) especifica que a penetração de ar para o interior dos recintos, através de partes fixas do elemento da fachada, não deve ser superior a $1,50 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, quando submetida a uma pressão P_1 , equivalente a 25% da pressão normal de vento (P), e de $4,0 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, quando submetida a uma pressão normal de vento; critério avaliado em relação a área total do vão. Já a norma européia para fachadas-cortina (AFNOR NF EN 12.152, 2002) é mais exigente, pois para uma pressão de 150 Pa, especifica que a permeabilidade ao ar não deve ser maior que $1,50 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$ (quando baseada na área total do componente), ou $0,5 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}$ (baseada no comprimento total de juntas fixas).

A ASHRAE 90 e o ICC (2006) especificam uma vazão máxima de ar de $7,0 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, quando submetida a uma pressão de ensaio de 75Pa.

A norma brasileira para fachadas envidraçadas (ABNT NBR 10821, 2000) especifica, para janelas de folhas fixadas de edificações climatizadas localizadas em qualquer região do país, uma penetração de ar para o interior dos recintos menor que $60 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, ou menor que $5,0 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{metro linear de juntas}$, quando submetida a uma pressão de 50 Pa.

Fennell e Haehnel (2005) expõem as diferenças existentes entre indicadores de

permeabilidade ao ar e também mostram a necessidade da definição de um método único para avaliar tais indicadores. Esses autores propõe a utilização de 50Pa de pressão de ar para a realização do ensaio que avalia a permeabilidade. Além disso, mostram a necessidade desse indicador estar relacionado a uma área (superfície da fachada).

Além das incoerências entre os indicadores apontados por esses autores, acredita-se que a diferença entre os fluxos de ar máximos permitidos pelas normas estrangeiras (européias e americanas) e brasileiras ocorre em razão da diferença de clima entre esses países, pois, ao pensar nas edificações climatizadas nas cidades brasileiras, que, ao contrário dos países frios, utilizam a energia para resfriar o ambiente e não para aquecer, a entrada de fluxo de ar quente é limitada visando evitar que fluxos de ar quente gerem maiores gastos de energia para manter o ambiente numa temperatura adequada. Assim, no Brasil, a limitação de penetração de ar não precisa ser tão rígida quanto nos países frios. Por isso, nesta tese, considera-se adequada a adoção do critério da norma brasileira de caixilhos (ABNT NBR 10821, 2000) para as tecnologias de fachadas leves.

2.2.3.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água, como a estanqueidade ao ar, pode ser avaliada por meio de análise de projetos, inspeções no local e por meio de ensaios. Porém, avaliações quantitativas somente se conseguem com a realização de ensaios nos elementos de fachada.

A AFNOR XP 28-004 (1995) especifica que, sob uma pressão (P_2) equivalente a 50% da pressão normal (P) e não inferior a 300 Pa, com vazão de 2 litros/minuto/m², o elemento de fachada deve permanecer estanque às águas de chuva.

A ASTM E331 (1993) estabelece que os elementos de fachada não devem apresentar escorrimentos de água e nem vazamentos pelo período do ensaio, realizado com 20% da pressão de vento característica de projeto.

A ABNT NBR 10821 (2000) também prescreve que não deve haver vazamentos que provoquem o escorrimento de água pelos elementos da fachada quando submetidos a uma vazão mínima de água de 4,0 litros/minuto/m² a 15% da pressão de vento característica de projeto. A ABNT NBR 15.575-4 (2008) estabelece que os elementos de fachada devem permanecer estanques e não devem apresentar infiltrações quando submetidos a uma vazão mínima de água de 3,0 litros/minuto/m² sob pressões de 10Pa a 50Pa.

As pressões de ensaio das normas estrangeiras e nacionais são diferentes em razão dos

ventos característicos das regiões. Dessa forma, nesta tese, sugere-se que os ensaios sejam feitos considerando a pressão de vento da região analisada, para uma vazão mínima de 3,0 litros/minuto/m², conforme norma brasileira de desempenho (ABNT NBR 15.575-4, 2008).

Segundo o *Cahier do CSTB 2383* (1990), a estanqueidade à água das fachadas leves, especialmente no caso de fachadas semicortina (parede com revestimento não aderido) é influenciada pelo tipo de componente de fechamento (paramento externo) e também pela câmara de ar, localizada atrás do revestimento (ou paramento externo). Essa câmara evita que a água que eventualmente penetre pelo paramento externo não tenha um meio físico como passagem para alcançar o paramento interno, fazendo com que ela escorra pela face interna do paramento exterior, sendo coletada por drenos (conceito de *rain screen*). Este documento recomenda que a câmara de ar tenha espessura mínima de 2cm, quando as juntas entre componentes do paramento externo forem seladas, e 1,5cm quando forem abertas.

No caso daquelas fachadas onde não existe uma câmara de ar entre as camadas, caso geralmente de fachadas-cortina, as juntas devem ser seladas, garantindo a estanqueidade à água e o controle do fluxo de ar.

Portanto, a estanqueidade à água das fachadas leves deve ser tal que, independentemente da condição de exposição, o paramento exterior não permita que a água incidente em sua superfície atinja o material de isolamento e as partes metálicas do sistema.

Além disso, projetar detalhes no pano da fachada, como ressaltos, extensão de lajes e pingadeiras, que descolem a lâmina de água dos elementos de fachada, podem reduzir consideravelmente os problemas de infiltração de água, recomendação válida tanto para fachadas pré-fabricadas quanto para fachadas convencionais (OLIVEIRA, MALLART, 2005).

2.2.4 Características das fachadas que influenciam no desempenho térmico e na eficiência energética do edifício

A regulamentação Procel (2008) especifica que, para avaliar a eficiência energética de um edifício, é necessário analisar as características térmicas da envoltória, do sistema de

iluminação e do sistema de ar condicionado. Neste trabalho, discute-se somente a questão da envoltória²⁰, particularmente das vedações de fachada.

A AFNOR XP 28-004 (1995) especifica que a fachada deve ser projetada para contribuir com a eficiência energética e o isolamento térmico global de um edifício. Atualmente, as exigências francesas de desempenho térmico e de eficiência energética e seus respectivos métodos de cálculo constam da RT 2005 (*Arrêté du 24 mai 2006*)²¹. A RT 2005 é uma legislação evolutiva iniciada pela RT 2000 (*Arrêté du 29 novembre 2000*), que se aplica à construção nova e às partes novas da construção, cujo objetivo é melhorar em 15% o desempenho térmico das construções com relação àquelas que foram dimensionadas segundo a RT 2000. Isso porque, em função do protocolo de Kyoto, a França objetiva reduzir o consumo de energia primária, uma vez que existe uma ligação direta com a emissão de gás carbônico (Co₂), um dos gases geradores do efeito estufa (o setor da construção francesa consome cerca de 40% do total da energia gerada por ano; como consequência, emite cerca de 2,0 toneladas de Co₂/hab/ano)²².

No Brasil, o consumo de energia elétrica é da ordem de 2MWh/hab/ano, enquanto que na França esse consumo é bem maior, da ordem de 9MWh/hab. No Brasil, como na França, aproximadamente 40% do consumo de energia está ligado à construção e operação dos edifícios. Aparentemente, comparado com os países europeus, o Brasil tem baixo consumo de energia, porém crescente todos os anos (Tavares, Lamberts, 2005). Além disso, existem três outros fatores que fazem com que a conservação de energia no Brasil seja um aspecto importante no desenvolvimento de projetos para o setor da construção civil, particularmente para edifícios comerciais:

- a crise energética de 2000 e, consequentemente, o desenvolvimento de leis que vêm estimulando uma política nacional de uso e conservação de energia, nas quais se considera que os equipamentos e as edificações devam respeitar níveis mínimos de eficiência (Lei nº 10.295, de 17/10/2001);
- as metas do Protocolo de Kyoto, segundo as quais o país deve ter um planejamento

²⁰ Envoltória: planos externos da edificação, compostos por fachadas, cobertura, brises e marquises.

²¹ Texto geral do *Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement français*, disponível em <http://www.legifrance.gouv.fr>. Acesso agosto de 2007.

²² Artigo do *Ministère du logement et de la ville* de 29/05/06, disponível em <http://www.logement.gouv.fr>

de controle das emissões de gases geradores do efeito estufa (por exemplo, 1MWh gerado em uma usina termoeleétrica na Região Sudeste emite, em média, 0,7 toneladas de CO_2)²³; e

- o o lançamento em julho do ano de 2009, pela Eletrobrás e Inmetro, da Etiqueta de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. A etiquetagem será implantada de forma gradual e voluntária, mas passará a ser obrigatória. Os empreendimentos, conforme a regulamentação Procel, serão avaliados em três aspectos: envoltório, sistema de iluminação e sistema de ar condicionado (TÉCHNE, 2009; www.planetasustentavel.com.br, Acesso em setembro de 2009; www.procelinfo.com.br, Acesso em setembro de 2009).

Por isso, acredita-se que, tanto nos países europeus quanto no Brasil, as fachadas devem ser projetadas para contribuir tanto com o conforto térmico quanto com a eficiência energética do edifício, não esquecendo, entretanto, que na Região Sudeste do Brasil a média de temperatura é de 18°C ²⁴, e nos países europeus, por exemplo, na França, é de 9°C ²⁵. Essa diferença entre as médias de temperatura mostra que os critérios para que uma fachada contribua no conforto e na eficiência energética de um edifício brasileiro são diferentes daqueles de um edifício europeu.

Observa-se ainda que, no verão, as fontes de calor externas são de maior intensidade do que as internas, e o bom desempenho térmico da envoltória ocorre quando ela oferece uma barreira ao fluxo de calor de fora para dentro. No inverno, deseja-se o oposto, ou seja, que o calor produzido internamente por pessoas e equipamentos não atravesse a envoltória (Prado, 2003).

O ganho (ou a perda) de calor através da fachada, o qual é estimado pela combinação da temperatura e umidade relativa locais com a orientação e as propriedades térmicas da envoltória, somado à contribuição das fontes internas de carga térmica (número de ocupantes, iluminação, equipamentos e infiltrações de ar), determina a quantidade de calor a ser fornecida ou extraída do ambiente para mantê-lo em condições ideais de temperatura

²³ Dados disponíveis em http://ecen.com/eee59/eee59p/comparacao_de_resultados_de_energia_eletrica.htm, acesso agosto de 2007

²⁴ Dados disponíveis no Ministério da Ciência e Tecnologia, em www.mct.gov.br/clima/, acesso em agosto de 2007

²⁵ Dados climáticos disponíveis em <http://www.brcactaceae.org/clima.html>, acesso setembro de 2007

e umidade (LAMBERTS et al., 1997). A sensação de conforto é normalmente atingida para temperaturas entre 20 e 30°C, e umidade relativa entre 30 e 70%²⁶. As características térmicas da envolvente para as condições de temperatura e umidade relativa do micro clima em que se insere a edificação definem quão próximo da zona de conforto estará o interior da construção.

A RT 2005 (*Arrêté du 24 mai 2006*) considera que o desempenho térmico do edifício deve ser avaliado de forma sistêmica, considerando basicamente três fatores: a) cálculo do consumo de energia de referência; b) respeito às características térmicas mínimas da envoltória, como a isolamento (transmitância térmica); e c) conforto no verão. Nesta tese, somente as questões que dizem respeito às características térmicas dos elementos de fachada serão discutidas.

Os coeficientes máximos de transmitância térmica estabelecidos como pré-requisitos pela RT 2005 para elementos de fachada de edifícios climatizados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Coeficiente de transmissão térmica máximo – U (RT 2005)

Tipos de fachada	U máximo (W/m ² .K)
elementos opacos em contato com o exterior	0,45
esquadrias em contato com o exterior	2,60
elemento de fachada-cortina envidraçada	2,60

A norma brasileira de desempenho (NBR 15575-4, 2008) especifica critérios mínimos de desempenho térmico de elementos de fachada para edifícios habitacionais (edifícios não climatizados). Os critérios especificados por esta norma referem-se à transmitância e capacidade térmica²⁷ de paredes externas (Tabela 8 e Tabela 9), em função das zonas bioclimáticas brasileiras.

²⁶ A ASHRAE considera $26 \pm 2^\circ\text{C}$ como temperatura ótima de inverno para a América do Norte para umidade relativa entre 30 e 70%, e velocidade do ar de 0,5 m/s, considerando pessoas sentadas, com vestimenta normal. A zona de conforto, segundo a Carta Bioclimática de Olgyay, para usuários fazendo trabalhos leves em países de clima quente, corresponde a temperaturas entre 20 e 30 °C, para umidade relativa entre 30 e 65%. FROTA; SCHIFFER, 1988, consideram zonas de conforto temperatura efetivas entre 22 e 27°C e velocidades de ar entre 0,1 e 0,5m/s.

²⁷ Capacidade térmica é uma grandeza física que determina a variação térmica de um corpo ao receber determinada quantidade de calor (ABNT NBR 15220, 2005).

Para climas onde a variação térmica diária é alta ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) e as edificações não são climatizadas, a massa da envoltória (capacidade térmica) é um requisito importante para promover um amortecimento térmico entre as temperaturas externas e internas (YILMAZ, 2007), caso da Região Metropolitana de São Paulo, que é enquadrada na zona bioclimática 3.

Tabela 8 – Transmitância térmica de paredes externas (ABNT NBR 15575-4, 2008)

Nível de desempenho	Transmitância Térmica ⁽¹⁾ (U, em W/(m ² .K))		
	Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
		$\alpha^{(2)} < 0,6$	$\alpha^{(2)} \geq 0,6$
Mínimo	$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
⁽¹⁾ valores de transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m ² .K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m ² .K/W; ⁽²⁾ α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.			

Tabela 9 – Capacidade térmica de paredes externas (ABNT NBR 15575-4,2008)

Nível de desempenho	Capacidade térmica (C _T , em kJ/(m ² .K))	
	Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
M	≥ 45	≥ 130

A regulamentação nacional do Procel (2008) também especifica critérios mínimos de transmitância térmica para os elementos de fachada, para qualquer edifício com área total útil mínima de 500m², independentemente de serem climatizados ou não, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Transmitância térmica para paredes de fachada, para qualquer edifício (Procel, 2008)

Nível de desempenho	Transmitância Térmica (U, em W/(m ² .K))		
	Zonas 1, 2, 3, 4, 5 e 6	Zonas 7 e 8	
		$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
A (mais exigente)	$U \leq 3,7$	$CT \geq 80$ kJ/(m ² .K)	$CT 80 \leq$ kJ/(m ² .K)

Givoni (1998) propõe alguns valores de transmitância térmica para paredes partindo da existência de ventilação natural (edificações não climatizadas) e pequena variação diária de temperatura (estudos feitos para a região da Califórnia – EUA).

Tabela 11 – Valores recomendados de transmitância térmica de paredes adaptados de Givoni (1998)

Característica do elemento do edifício	U (W/ m ² °C)
Parede de cor média	0,71
Parede de cor leve	1,66

No Reino Unido, segundo Harris (2001), para edifícios climatizados, a transmitância térmica de paredes opacas é de 0,30 W/m²K, e para fachadas envidraçadas, de 2,0 W/m²K.

A diferença significativa entre os critérios de normas e bibliografias estrangeiras com os de normas brasileiras ocorre em função de diversos motivos, pois, conforme Eicker (2007), um alto índice de isolamento em países quentes não é aconselhável, porque o calor interno, gerado por cargas térmicas, não poderá ser dissipado pelas envoltórias, quando a temperatura interior for maior que a exterior. Porém, elementos considerados médio isolantes podem controlar a entrada de calor durante o dia, e a noite o ar quente deve ser removido mais por ventilação do que por transmissão.

Assim, no Brasil, especialmente para Região Metropolitana de São Paulo, o projeto de fachadas deve considerar: a orientação das fachadas, as características térmicas dos elementos de fachada (pelo menos transmitância e capacidade térmica), as taxas mínimas de ventilação, e o Fator e protetores solares (sombreamento) das partes transparentes. Nesta tese, propõe-se a adoção de indicadores de transmitância térmica ao menos para elementos opacos, iguais aos estabelecidos pelo Procel (valores menores que 3,7 W/ m²°C) e maiores que 0,70 W/ m²°C (valor recomendado por Givoni, 1998), visando que os elementos de fachada, da zona bioclimática 3 (São Paulo), sejam, ao menos, médio isolantes.

2.2.4.1 Taxas mínimas de ventilação

A taxa mínima de ventilação é a permeabilidade ao ar que ocorre voluntariamente, segundo especificações de projeto: aberturas de janelas, efeito chaminé no caso de fachadas ventiladas, etc.

Duas são as formas em que a ventilação natural é realizada. A mais efetiva se dá através da pressão do vento sobre o edifício: o ar penetra pelas aberturas na fachada de pressão positiva e sai pelas de pressão negativa (ventilação cruzada). A outra forma de renovação de ar se dá por meio de forças de convecção ou efeito chaminé: a penetração do ar ocorre pelas aberturas inferiores do edifício e a saída, pelas superiores, podendo haver

combinações entre efeito de pressão de vento e de convecção (PRADO, 2003).

Para a manutenção da qualidade do ar interno, conforme Givoni (1998), a taxa de ventilação depende do número de pessoas/m³ do ambiente, do estilo de vida e sensibilidade. Garde *et al* (1999) sugere 40 trocas de ar por hora (tah) para evacuação de ganhos internos e resfriamento de elementos construtivos externos. Esse mesmo autor conclui que, para alcançar 40 tah no ambiente, com temperaturas externas raramente acima de 32°C, a permeabilidade externa da fachada girar em torno de 25% (razão entre a soma das áreas abertas em janelas e a área total da fachada).

Resfriar um edifício durante a noite consiste em manter as condições de conforto com o mínimo de dispêndio de energia; entretanto, para edifícios condicionados, cuja fachada não apresenta massa térmica, como é o caso da maioria das fachadas leves, essa condição nem sempre é viável. Por isso, alguns autores, como Andrade (2005) e Benedetto (2006), propõem o modo misto, ou seja, um sistema de condicionamento ambiental que une as vantagens do uso do ar condicionado às vantagens da ventilação natural. Dessa forma, esses autores propõem aliar os sistemas ativos (equipamentos de ar condicionado) aos passivos (características da fachada), sugerindo que o ar condicionado seja desligado no período noturno e a ventilação natural seja responsável pelas trocas de ar e pelo resfriamento do edifício.

Cabe considerar, entretanto, que janelas ou aberturas projetadas especificamente com o propósito de promover ventilação podem constituir pontos frágeis de penetração de ruído no interior do edifício. Portanto, no projeto de fachada, é necessário ponderar as áreas de ventilação com o nível de ruídos a que o edifício será submetido.

No caso de fachada semicortina, se a câmara de ar (camada entre vedado e revestimento não-aderido) for contínua em toda a altura do edifício, tendo aberturas nas extremidades (primeiro e último pavimento), ela será ventilada, ocorrendo o fenômeno conhecido como “efeito chaminé”, o que, dependendo das condições climáticas, pode, ou não, ser benéfico para o conforto térmico do edifício. Entretanto, em razão de exigências do Corpo de Bombeiros (compartimentação entre pavimentos), nem sempre essa câmara de ar poderá ser ventilada.

2.2.4.2 Orientação das fachadas

Um dos princípios que influencia na eficiência energética do edifício é a sua orientação, pois uma localização adequada do edifício com relação ao Norte pode evitar ganhos de calor em função do deslocamento do sol (ROULET, 2001). As fachadas que tendem a pegar mais sol

são as fachadas Leste-Oeste. Dessa forma, grande parte das janelas das edificações de países tropicais deve estar localizada nas fachadas Norte- Sul, evitando entrada de calor por radiação solar através das janelas.

2.2.4.3 Fator solar

Um dos parâmetros a serem considerados para a seleção de elementos transparentes de fachada para melhorar o desempenho energético das edificações é o Fator Solar, que é definido como a soma da porcentagem da transmissão solar direta que ocorre através do vidro mais a parcela da energia absorvida pelo vidro e reirradiada para o interior, cuja fórmula simplificada é dada a seguir (CARAM, 2002):

$$F.S. = \tau + (1/3)\alpha$$

onde: F.S. = Fator Solar ; τ = coeficiente de transmissão; α = coeficiente de absorção.

Quanto maior o Fator Solar, mais o vidro permite a passagem de energia. A RT 2005 estabelece como referência Fatores Solares da ordem de 40%. O IECC (2006) recomenda, para as regiões mais quentes dos EUA, fator solar da ordem de 35%.

No Brasil, em razão da maior incidência de radiação solar comparada aos países europeus e aos EUA, seria interessante que os elementos envidraçados tivessem fator solar menor que os estabelecidos nesses países. Entretanto, como não existe critério estabelecido por norma técnica específica, propõe-se, nesta tese, que projetistas adotem vidros, ao menos, com fator solar igual, ou menor, que 40%, conforme recomendado pela RT 2005.

Figura 13 – Esquema em corte da fachada – área a ser considerada como elemento opaco

2.2.4.4 Relação entre área transparente e área opaca em fachadas

A ASHRAE 90:2004 recomenda que a área transparente na fachada do edifício deve ser menor que 50% da área de fachada total. O IECC (2006) recomenda que essa razão deve ser menor que 40%.

Nesta tese, sugere-se que, no Brasil, as fachadas atendam ao menos a recomendação da ASHRAE 90:2004, ou seja, tenham ao menos 50% da sua área de fachada constituída de elementos opacos. Observa-se que a parte da fachada transparente posicionada em frente a guarda-corpos (elementos internos ao edifício) é considerada como elemento opaco se a câmara de ar entre guarda-corpo e elemento de fachada estiver contida entre peitoril de janela e forro, e preenchida com material isolante, como mostra esquema da Figura 13, minimizando troca de calor com o ambiente tanto por condução quanto por convecção.

2.2.5 Características das fachadas que influenciam no desempenho acústico do edifício

A AFNOR XP 28-004 (1995) especifica que os elementos de fachada e suas interfaces com a estrutura, ou com outros elementos, devem isolar o ruído exterior do ambiente interior de tal forma a não prejudicar o conforto dos usuários.

Meisser (2005) expressa que as características acústicas dos elementos de fachada podem ser expressas de duas formas: índice de redução sonora e coeficiente de isolamento acústico padronizado (diferença padronizada de nível ponderada). O índice de redução sonora expressa a energia do ruído transmitida pelo elemento de fachada, a qual depende de um fator de transmissão desse elemento. Este índice deve ser avaliado por meio de ensaios em laboratório, pois a energia acústica avaliada pode passar somente através do elemento ensaiado, o que na prática não ocorre, em função de juntas, janelas, etc. Já o coeficiente de isolamento acústico padronizado depende de medições feitas em protótipos ou no próprio local. Esse autor coloca ainda que não se deve confundir os valores de isolamento acústico entre locais (diferença padronizada de nível ponderada) e os de redução sonora de um elemento de separação entre ambientes. A diferença entre esses valores é igual ou superior a 5 dB, sendo o valor de isolamento acústico padronizado geralmente menor.

Meisser (2005) resume, conforme mostra a Tabela 12, os critérios de isolamento exigidos por várias legislações francesas para os elementos de fachada, as quais consideram que os ruídos exteriores são provenientes de tráficos terrestre (rodoviário ou ferroviário) e/ou aéreo.

Tabela 12 – Valores de isolamento acústico padronizado(Dn) para elementos de fachada

Tabela 12 - Valores de isolamento acústico padronizado (DnT) para elementos de fachada			
Tipo de uso do edifício	Tráfico terrestre (dB)	Tráfico aéreo (dB)	Legislação
Habitação	30	34	Arrêê du 06/10/1978 Arrêê du 30/06/1999 Arrêê du 25/04/2003
Hospitais, Hotéis e Escolas	30	35 - 47*	
Outros	exigência estabelecida pelo cliente	35 - 47*	
* depende da localização do edifício com relação a rotas de avião (Zona A, B, C correspondem a 47, 40, 35 dB)			

A BS 8200 (1985) e a DIN 4109 (1989) estabelecem que, em ambientes de escritório, não deve haver ruídos com valores maiores que 40 dB. Então, segundo essas normas, numa localização de tráfego intenso, cujo ruído é de aproximadamente 75dB, os elementos de

fachada devem apresentar índices de redução sonora maiores do que 35dB.

A ABNT NBR 15.575-4 (2008) dispõe que as vedações verticais externas devem apresentar adequada isolamento sonora no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da habitação, e especifica tanto os critérios de isolamento acústico padronizado quanto os critérios de índice de redução sonora (Tabela 13 e Tabela 14).

Observa-se que, apesar desta norma ser direcionada para edifícios habitacionais, os critérios de desempenho acústico podem servir de referência para outros edifícios.

Tabela 13 – Diferença Padronizada de Nível Ponderada da vedação externa , $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo (ABNT NBR 15.575-4:2008)

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$D_{2m,nT,w}+5$ [dB]	Nível de Desempenho
Vedação externa de salas e dormitórios	30 a 34	35 a 39	Mínimo
	35 a 39	40 a 44	Intermediário
	≥ 40	≥ 45	Superior
Nota 1: Admite-se uma incerteza de ± 1 dB na medição de $D_{2m,nT,w}$. Nota 2: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros não há exigências específicas. Nota3: $D_{2m,nT,w}+5$, critério a ser considerado em locais de ruído intenso (próximo a ferrovias e aeroportos)			

Tabela 14 – Índice de Redução Sonora Ponderado da fachada (R_w) para ensaio de laboratório (ABNT NBR 15.575-4:2008)

Elemento	R_w [dB]	$R_w + 5$ [dB]	Nível de Desempenho
Fachada	35 a 39	40 a 44	Mínimo
	40 a 44	45 a 49	Intermediário
	≥ 45	≥ 50	Superior
Nota 1: Admite-se uma incerteza total de ± 2 dB no valor da R_w , sendo ± 1 dB na medição e ± 1 dB para garantir a representatividade da amostra ensaiada; Nota 2: Valores referenciais para fachadas cegas. Nota3: $R_w + 5$, critério a ser considerado em locais de ruído intenso (próximo a ferrovias e aeroportos)			

Conclui-se que os critérios de desempenho acústico estabelecidos pelas normas francesas, inglesas e brasileiras são bastante similares; por isso, adotam-se, nesta tese, os critérios da norma brasileira de desempenho – ABNT NBR 15.5754, 2008.

O *Cahier* do CSTB 2383 (1990), com relação aos aspectos construtivos que interferem no desempenho acústico, recomenda que todas as juntas entre fachada e estrutura (face exterior da laje), em particular no caso de fachadas-cortina, sejam seladas com material isolante acústico. Essas juntas também devem ser seladas para não permitir propagação de

chamas e fumaça (anteriormente descrito no item 2.2.3). Além disso, observa-se que, quando a fachada é constituída de mais do que um componente, como no caso das fachadas leves, os ensaios ou cálculos devem ser feitos considerando o sistema composto (elemento de fachada), ou seja, todo o conjunto.

2.2.6 Durabilidade e Manutenibilidade

Os requisitos e critérios de durabilidade que devem ser levados em conta com relação às fachadas são:

- Vida útil do elemento de fachada e de seus componentes: os elementos da fachada, submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções específicas de projeto, devem manter sua capacidade funcional durante a vida útil prevista em projeto (VUP). A NBR 15.575-1 (2008) (destinada para habitações) recomenda que as fachadas tenham uma vida útil mínima de 40 anos. Entretanto, em edifícios comerciais, a vida útil de projeto deve ser especificada pelo empreendedor;
- Durabilidade dos materiais e componentes: os materiais e componentes utilizados nas fachadas devem ter vida útil compatível com a prevista em projeto. Em razão do objeto de estudo deste trabalho, atenta-se para: durabilidade de componentes metálicos, proteção contra corrosão bi-metálica, durabilidade dos componentes de fechamento e durabilidade dos materiais de preenchimento de juntas;
- Manutenibilidade das fachadas: este requisito deve ser considerado objetivando projetar e garantir segurança para manuseio, conservação e limpeza dos componentes da fachada. Assim, por exemplo, a acessibilidade para inspeção dos elementos de fachada deve ser prevista em projeto. É preciso considerar também a questão da segurança no uso e na manutenção, prevendo-se e verificando-se, em projeto, a resistência dos elementos de fachada para cargas provenientes de equipamentos de limpeza. Além disso, em projeto, deve-se prever materiais e processos de limpeza possíveis para a tecnologia empregada, bem como planejar as operações de manutenção preventiva, além de indicar eventual troca de componentes e materiais pelo período de vida útil previsto em projeto.

Assim, a primeira questão a ser especificada no projeto é a vida útil do elemento de fachada, que pode ser baseada em acordo entre cliente e projetistas, ou em normas e legislações vigentes. Posteriormente, selecionam-se as tecnologias que potencialmente

atendem à exigência de vida útil estabelecida e programam-se manutenções preventivas que ajudarão a garantir essa vida útil. A racionalização dos custos associados às operações de manutenção e limpeza pode ser um condicionante para a seleção da tecnologia a ser adotada.

Outro requisito a ser considerado é o potencial de desmontabilidade da fachada, isto é, a possibilidade de desmontar os elementos da fachada sem afetar a estrutura principal. Os elementos facilmente desmontáveis podem ser destinados a outro uso, além de facilitar operações futuras de renovação da fachada; a desmontabilidade pode reduzir geração de resíduos, em razão do reuso dos elementos e componentes desmontáveis (reciclabilidade), minimizando impactos ambientais. Assim, o projeto, em especial na atividade de seleção tecnológica, deve estimular o uso de elementos pré-fabricados, leves e acoplados a seco.

2.3 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DA FACHADA LEVE

Neste item, objetiva-se descrever e caracterizar cada um dos componentes que formam o elemento da fachada leve. Além disso, busca-se mostrar as principais características de cada um desses componentes, e quais devem ser consideradas no desenvolvimento de projetos, especialmente nas atividades de especificação e controle, pois sua qualidade afeta diretamente o desempenho da fachada.

2.3.1 Estrutura secundária metálica e dispositivos de fixação

As estruturas secundárias metálicas das fachadas leves podem ser de aço carbono, de alumínio ou de aço inoxidável, e são fixadas à estrutura principal por meio de dispositivos de fixação que permitem compensar desvios de alinhamento entre as estruturas, bem como absorver deformações diferenciais (Figura 14).

Os dispositivos de fixação, os quais são constituídos de ancoragens e componentes de fixação, têm a função de fixar as estruturas secundárias à estrutura principal do edifício, bem como transferir as cargas provenientes da estrutura secundária para a principal. As ancoragens podem estar posicionadas sobre a estrutura principal, antes ou após a moldagem da mesma (caso forem em concreto), podendo ser constituídas de trilhos, placas metálicas e/ou de sistemas de aparafusamento. Essas ancoragens podem ser fixadas também sobre alvenarias ou sobre estruturas metálicas, normalmente por solda ou aparafusamento.

Figura 14 – Esquema de estrutura secundária montada no local (arquivos da autora)

Portanto, os componentes das estruturas, seus acessórios e dispositivos de fixação (*inserts metálicos*) devem apresentar características compatíveis com as exigências do projeto (qualidade especificada pelo cliente).

As exigências de projeto para estes componentes devem ser relativas à resistência mecânica, resistência à corrosão e durabilidade, capacidade de deformação (coeficiente de dilatação), ductilidade (módulo de elasticidade) e resistência a altas temperaturas (REIS, 2006; FREITAS, CRASTO, 2006). Tais exigências serão atendidas em função do formato geométrico (altura, espessura, etc.) dos perfis, acessórios e dispositivos de fixação, os quais dependem de cálculos estruturais aliados ao conhecimento das características dos materiais metálicos empregados na fabricação desses componentes.

Outra questão a ser considerada é a compatibilidade entre os diferentes metais que formam

as estruturas metálicas e os dispositivos de fixação. Parafusos, arruelas, placas, montantes, travessas e soldas devem apresentar material de mesma composição química, ou contendo metais com potenciais eletroquímicos bem próximos, para evitar o que se denomina de corrosão galvânica²⁸. Caso não seja possível evitar esta condição, recomenda-se isolar o contato entre os componentes de potenciais eletroquímicos muito diferentes com pinturas betuminosas ou materiais isolantes.

A tabela a seguir compara as características dos materiais metálicos empregados na conformação dos perfis da estrutura secundária.

Tabela 15 – Características dos metais (adaptado de Reis, 2006; Freitas, Crasto, 2006)

Características físicas típicas	Aço carbono	Aço zincado revestido	Aço inoxidável austeníticos	Alumínio
Massa específica (kg/dm ³)	8,96	idem aço carbono	7,86	2,70
Temperatura de fusão (°C)	1083	idem aço carbono	-	660
Módulo de elasticidades (MPa)	20,5 x 10 ⁴	20,5 x 10 ⁴	20,5 x 10 ⁴	7,0 x 10 ⁴
Coeficiente de dilatação térmica*	16 x 10 ⁻⁶	idem aço carbono	19 x 10 ⁻⁶	24 x 10 ⁻⁶
Resistência à tração (tensão mínima de escoamento – MPa)	250 a 360	idem aço carbono	280 a 315	110 (6060 T5) 148 (6063 T5) 110 (6061 T6)
Resistência à corrosão / durabilidade	Baixa	Média	Boa, exceto em regiões com cloreto	Boa
* Segundo o CSTB – CPT 3194 (2000), prever uma variação dimensional de +/- 1mm/m para o alumínio e +/- 0,5mm/m para o aço é suficiente				

2.3.1.1 Aço carbono

Dos aços estruturais – aqueles com tensão de escoamento entre 250 e 360 Mpa – o mais comumente utilizado é o aço-carbono (ASTM-36). Os aços com adição de cobre, níquel e cromo criam um outro grupo, conhecido como aços patináveis ou aclimáveis, que apresentam maior resistência à corrosão atmosférica. Maringoni (2004) explica que o minério de ferro, o coque e os fundentes são a matéria prima principal do processo que envolve a redução do óxido de ferro a ferro gusa no alto forno. Portanto, o controle do teor

²⁸ A corrosão galvânica acontece quando metais de potenciais diferentes são postos em contato na presença de soluções condutoras de eletricidade, como água, sais ou ácidos. A severidade da corrosão vai depender da condutividade deste eletrólito e da posição relativa dos metais na série galvânica (PANNONI, 1991).

de carbono e de sua composição química permite a obtenção de inúmeros tipos de aços, diferentes quanto à sua dureza, resistência mecânica, ductilidade e resistência à corrosão.

O formato geométrico dos perfis de aço, independentemente das ligas que o compõem, depende do seu processo de produção, isto é, os perfis podem ser: laminados, extrudados, soldados e conformados a frio (perfis dobrados a partir de chapas finas a frio). Geralmente, os perfis laminados e soldados são aqueles utilizados em estruturas principais de edifícios. Os perfis conformados a frio, por sua leveza e versatilidade (diversas formas de seções), são utilizados em estruturas mais leves, como as estruturas que suportam os componentes de vedação de fachadas leves, sendo também conhecidos como *light steel framing*.

Os perfis típicos para uso em *light steel framing* são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço-carbono revestidas com zinco ou alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente. A espessura da chapa varia entre 0,8 até 3,0mm. As massas mínimas do revestimento das bobinas são apresentadas na Tabela 16. As seções mais comuns são com formato “C” ou “U” enrijecidos (FREITAS; CRASTO, 2006).

Tabela 16 – Revestimento mínimo de bobinas para perfis estruturais e não estruturais em regiões não marítimas (adaptado de FREITAS; CRASTO, 2006; ABNT NBR 15253, 2005)

Tipos de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não estruturais	
	Massa mínima de revestimento 29 (g/m ²)	Nomenclatura segundo as respectivas normas técnicas da ABNT	Massa mínima de revestimento (g/m ²)	Nomenclatura
Zincado por imersão a quente	180	Z180	100	Z100
Zincado por eletrodeposição	180	90/90	100	50/50
Alumínio-zinco por imersão a quente	150	AZ 150	100	AZ100

Em ambientes marinhos (distâncias < 1.000 m da orla marítima), recomenda-se o emprego de camadas de revestimento mais espessas (revestimento 260 g/m²) ou o emprego de revestimento em liga Al-Zn de 150 g/m² (CEF – *Manual Steel Framing*, 2003). Entretanto, o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), em estudos e relatórios

²⁹ Massa mínima refere-se ao total nas duas faces e sua determinação deve ser conforme a NM 278.

realizados recentemente, recomenda, no mínimo, o emprego de revestimento de zinco de Z275 para ambientes urbanos e Z350 para ambientes marinhos.

2.3.1.2 Alumínio

Os perfis de alumínio utilizados na composição de fachadas e esquadrias são, geralmente, extrudados e compostos com ligas de alumínio da série 6000, cujos elementos de composição são: alumínio, magnésio e silício. Essa série de ligas apresenta boa capacidade de extrusão, média resistência mecânica e excelente condição para a aplicação de acabamentos superficiais, como a anodização³⁰.

As características mecânicas e físicas dos perfis de alumínio para esquadrias variam de acordo com a liga e a têmpera. Depois de extrudado, o material é temperado, ou seja, passa pela ação de deformações plásticas a frio ou a quente, por tratamentos térmicos ou pela combinação de ambos (ABNT NBR 6835, 2000). A classificação das têmperas é estabelecida pela Norma ABNT – NBR 6835, de acordo com os processos a que são submetidas em Têmpera “F”; Têmpera “O”; Têmpera “H”; Têmpera “W” e Têmpera “T” (REIS, 2006).

A têmpera T é o processo pelo qual são submetidos os perfis utilizados na constituição de fachadas leves, ou seja, aquele onde os perfis extrudados sofrem tratamento térmico, com ou sem deformação plástica complementar, e que produzem propriedades físicas estáveis e diferentes das obtidas com “F”, “O” e “H”.

Os tratamentos térmicos têm por objetivo remover ou reduzir as segregações, produzir estruturas estáveis e controlar certas características metalúrgicas, tais como: características mecânicas, tamanho dos grãos, condições para estampagem, etc. Os efeitos de um tratamento térmico completo incluem não somente um aumento substancial no limite de resistência à tração, mas também na redução da ductibilidade (REIS, 2006).

O alumínio apresenta elevada resistência à corrosão, pois quando exposto à atmosfera, forma uma fina e invisível camada de óxido, a qual protege o metal de oxidações posteriores. O metal somente ficará desprotegido contra corrosão caso seja exposto a

³⁰ A anodização é um processo eletrolítico que promove a formação de uma camada controlada e uniforme de óxido na superfície do alumínio.

substância ou condição que destrua essa película de óxido protetor como, por exemplo, se exposto a produtos que contém álcalis.

2.3.1.3 Aço inoxidável

Os aços inoxidáveis, por sua vez, são grupos de ligas ferrosas resistentes à corrosão que contêm baixo teor de carbono e, no mínimo, 12% de cromo. Os aços inoxidáveis são classificados em três grupos, de acordo com a microestrutura básica formada: Martensítica, Ferrítica e Austenítica. Os austeníticos são os mais utilizados na construção civil por sua elevada resistência à corrosão e por possuírem boa resistência mecânica. Os principais são o ABNT 301, 302, 304, com resistência ao escoamento de 280MPa, e os 201 e 202, com 315MPa (TEBECHERANI, 2002).

O aço inoxidável não apresenta taxas de corrosão significativas; porém, Kajimoto (1991) observa que cuidados especiais devem ser tomados em ambientes com presença elevada de cloretos (Cl⁻).

Resumindo, os materiais das estruturas secundárias que constituem e suportam as fachadas leves, bem como dos seus acessórios e dispositivos de fixação, devem ser selecionados em função da sua resistência mecânica, da sua resistência à corrosão e, conseqüentemente, da sua durabilidade, e de uma análise econômica das alternativas em função da durabilidade desejada.

2.3.2 Componentes de fechamento

Para especificar as características e propriedades físicas dos componentes de fechamento da fachada leve, primeiro deve-se identificar se esses componentes constituem a face interna (paramentos internos) ou a face externa (paramentos externos), isso porque as funções desses componentes, dependendo do seu posicionamento, são diferentes e, conseqüentemente, as características que devem apresentar.

O CSTB – CTP 3450 (2003) recomenda que os paramentos externos, ou seja, os componentes com função de revestimento externo, apresentem: resistência ao vento, estanqueidade à água, resistência aos choques externos, baixa reação ao fogo, baixa variação dimensional em função de gradientes higrotérmicos, facilidade de reparo e substituição, e durabilidade. Já os componentes utilizados como paramentos internos devem apresentar: baixa reação ao fogo, resistência ao fogo e segurança em caso de choques contra queda de objetos e pessoas (resistência estrutural contra impactos). Observa-se que, no caso de fachadas semicortina, quando os paramentos internos são em paredes de

alvenaria ou de concreto, esses, em função das suas características físicas, atendem às exigências de resistência ao fogo e aos choques requeridos para as fachadas.

Assim sendo, diversos componentes de fechamento podem ser utilizados como paramentos externos ou internos, de fachadas leves como, por exemplo, placas de rocha, placas à base de resina sintética ou de poliéster, placas cimentícias com acabamento incorporado, placas cerâmicas, placas de vidro, placas metálicas, entre outras.

Entretanto, em função da diversidade dos componentes de fechamento existentes, especialmente nos países europeus, limitar-se-á o enfoque da pesquisa aos componentes que já vêm sendo utilizados no Brasil, cujo desempenho e durabilidade ainda não são totalmente conhecidos: placas de vidro, placas cimentícias e placas metálicas.

2.3.2.1 Placas cimentícias

A placa cimentícia é um componente resultante da mistura de cimento Portland, agregados, adições ou aditivos com reforço de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto (ABNT NBR 15498, 2007). Essas placas podem ter coloração natural ou serem coloridas com mistura de pigmento à sua matriz cimentícia. Elas podem também receber uma camada de acabamento aderido à suas faces externas, sendo consideradas como placas cimentícias com revestimento incorporado (placas com acabamento).

As placas cimentícias reforçadas com fios, ou fibras sintéticas, são denominadas de CRFS – cimento reforçado com fios sintéticos. As placas cimentícias reforçadas com fibras de vidro AR (fibras resistentes aos álcalis do cimento) são denominadas de placas de GRC (*Glass Reinforced Concrete*).

Mitidieri (2003) expõe que as características principais a serem observadas na seleção de uma placa cimentícia são: resistência à flexão, absorção de água e variação dimensional em razão da umidade e do efeito de temperatura, pois são elas que influenciarão na durabilidade da placa sob as condições climáticas brasileiras.

A Tabela 17 compara as exigências e os critérios de conformidade de placas cimentícias para uso em vedações externas, estabelecidas na Norma Europeia CEN EN 12467 (2000) e na Norma Brasileira ABNT – NBR 15498 (2007), que é bastante similar à ISO 8336 (1993).

Tabela 17 – Critérios de conformidade de placas cimentícias: comparação norma européia e brasileira

Característica	CEN EN 12467 (2000)		ABNT - NBR 15498(2007)	
	Exigência	Critério ⁽¹⁾	Exigência	Critério ⁽²⁾
Resistência mecânica (resistência à tração na flexão)	resistência deve ser avaliada em placas saturadas	A média dos resultados de ensaio realizados nas duas direções devem ser: Categoria 1 > 4Mpa/ Categoria 5 > 24MPa	resistência deve ser avaliada em placas saturadas	A média dos resultados de ensaio realizados nas duas direções devem ser: Categoria 2 > 4Mpa/ Categoria 5 > 18MPa
Massa volumétrica aparente	especificada na documentação do fabricante	-	especificada na documentação do fabricante	-
Reação ao fogo	baixa reação ao fogo (baixa combustibilidade)	Classe A1 (Classe M1 da norma francesa)	avaliar incombus-tibilidade	–
Permeabilidade à água	podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas; porém, sem surgimento de gotas de água		podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas; porém, sem surgimento de gotas de água	
Durabilidade: resistência após ciclos de imersão em água e secagem	Boa capacidade resistente após 50 ciclos de imersão em água e secagem	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 0,75 da resistência de referência (antes da amostra ser submetida ao ensaio de imersão e secagem)	Boa capacidade resistente após 50 ciclos de imersão em água e secagem	o limite do resultado médio (Li) deve ser superior a 0,70
Durabilidade: resistência após ciclos de calor e chuva:	Boa capacidade resistente após 50 ciclos exposição ao calor e a chuva	Não afetar a estanqueidade à água da placa (permeabilidade) e não apresentar deformações ou escamações visíveis	-	-
Durabilidade: resistência à água quente	Boa capacidade resistente após 56 dias de exposição à água quente (60°C)	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 0,75 da resistência de referência	Boa capacidade resistente após 56±2 dias de exposição à água quente (60°C)	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 0,70 da resistência de referência
⁽¹⁾ Método de avaliação segundo ensaios descritos na CEN EN 12467 (2000)				
⁽²⁾ Método de avaliação segundo ensaios descritos na ABNT – NBR 15498				
- item não tratado na referida norma				

Apesar da norma brasileira de placas cimentícias não especificar critério de reação ao fogo para tais placas, a legislação do Corpo de Bombeiros (CB - IT 09, 2001) recomenda que os

materiais de fechamento, revestimento e acabamento apresentem classificação mínima, com relação à reação ao fogo, de Classe I a Classe II-B, conforme *Tabela 5*.

Além disso, a norma brasileira não prevê ensaios de resistência às ações climáticas (calor e chuva), o que seria interessante para as condições ambientais brasileiras, especialmente para as regiões com grande amplitude térmica, como a região Sudeste do Brasil. Outra característica que deve ser avaliada refere-se à variação dimensional das placas cimentícias sob efeito de umidade e de temperatura, visto que o conhecimento da variação dimensional é de vital importância para o dimensionamento das juntas entre placas cimentícias, particularmente, quando essas forem vedadas. A ANSI A.118.9 (1999) recomenda limitar a variação linear das placas cimentícias, em razão de variações de umidade a 0,07%.

A Tabela 18 ilustra as características de alguns tipos de placas cimentícias comercializadas na Europa e no Brasil.

Tabela 18 – Características de algumas placas cimentícias comercializadas no Brasil e na Europa – uso externo

Europa – uso externo							
Local		Tipo / Composição	Características técnicas				Fonte
			Resistência à flexão (saturada)	Absorção de água	Variação dimensional por efeito de umidade ou térmico	Classe de reação ao fogo	
Brasil	1	Placa cimentícias com fibras de celulose e reforço com fios sintéticos	9,0 MPa	25% a 28%	2,0mm/m (umidade)	-	www.etemit.com.br ⁽¹⁾
	2	Placa cimentícia reforçada com tela de vidro na superfície	7,0 MPa	29%	0,6mm/m (umidade) 0,0076mm/mº C	-	www.useplac.com.br ⁽¹⁾
	3	Placa cimentícia reforçada com malha de fibra de vidro polimerizada nas superfícies	5,3 MPa	10%	-	-	www.br/importacao_durock.htm ⁽¹⁾
	4	Placa cimentícias com fibras de celulose e reforço com fios sintéticos	7,0 MPa	30%	2,5mm/m (umidade)	-	www.brasilit.com.br ⁽¹⁾
	5	Placa cimentícia com fibras de vidro AR (GRC ou CCV)	15 a 25,0 MPa	-	-	Classe I	www.pavido.com.br ⁽¹⁾

Europa / França	6	Placa cimentícia com fibras de celulose	7,0 MPa	$30 \pm 10\%$	-	Classe Mo	CSTB AT-2/05/1170 (2006) ⁽²⁾
	7	Placas cimentícias com fibras sintéticas	7,0 MPa	$30 \pm 5\%$	-	Classe Mo e M1	CSTB AT 2/04 -1097 (2005) ⁽²⁾
	8	Placas cimentícias de pouca largura (clins)	>7,0 MPa	<45%	-	M1	CSTB AT 02/04-1079 (2004) ⁽²⁾
	9	Placa cimentícia reforçada com fibras de vidro (CCV)	6,0 MPa	< 4%	0,004 mm/m°C	M0	CSTB AT 02/03-1012 (2003) ⁽²⁾
	10	Placa cimentícia reforçada com fibras de vidro (CCV)	5,5 Mpa	-	-	M1	CSTB AT-02/05/1126 (2005) ⁽²⁾
(1) Dados dos fabricantes							
(2) Dados retirados de documentos técnicos realizados pelo CSTB para avaliação do produto							

Existem várias composições de placas cimentícias, com ou sem incorporação de óxidos para coloração, com ou sem introdução de acabamentos nas faces externas, os quais podem ser de textura lisa ou rugosa. Porém, o desempenho do componente deve ser avaliado sobre o produto acabado. A Figura 15 ilustra alguns tipos de acabamentos superficiais de placa cimentícia.

acabamento liso

acabamento rugoso (baixa exposição do agregado)

acabamento rugoso (média exposição do agregado)

Figura 15 – Acabamentos superficiais das placas cimentícias

2.3.2.2 Placas metálicas

As placas metálicas podem ser de alumínio, cobre, aço inoxidável, aço galvanizado e pintado, titânio ou de ligas especiais. Os componentes de fechamento das fachadas leves constituídos de placas metálicas são classificados em: placas únicas ou placas compostas.

Uma das tecnologias de placas únicas comercializadas no Brasil são aquelas constituídas de uma única placa de aço, com revestimento de Al-Zn (alumínio e zinco), pré-pintado com resina à base de poliéster, ou PVD³¹, nas faces externas, além de um filme protetor. As faces internas também recebem uma pintura protetora (Catálogo de produto – CSN *Steel Color* – Disponível em < www.csn.com.br>, em 11 de junho de 2009).

As placas compostas (painel sanduíche) são constituídas de duas chapas metálicas, geralmente de alumínio, solidarizadas a um núcleo central de material termoplástico, como o polietileno (PF), poliestireno (extrudado – XPS, expandido – EPS) ou poliuretano (PUR), ou de lã mineral (Figura 16).

Esse núcleo central melhora a rigidez da placa metálica, possibilitando o emprego de dimensões maiores do que aquelas quando se emprega placas únicas. Geralmente, as espessuras das placas metálicas são fixadas e a espessura do núcleo é variável, sendo o projetista responsável por estabelecer parâmetros que indiquem tal espessura (CATÁLOGO TÉCNICO ALCAN COMPOSITES, 2004; *Cahier du CSTB 3501*, 2004).

³¹ Resina de PVD é resina de base acrílica.

Figura 16 – Painel de alumínio composto

O núcleo central das placas compostas pode ser colado ou ser aderente às placas metálicas, ou ainda ser injetados entre elas. Davies (1997) expõe que os núcleos termoplásticos apresentam características diferentes entre si. Por exemplo, o poliuretano e o polietileno apresentam boa resistência ao fogo, mas o poliestireno (EPS ou XPS) é autoextinguível em contato com o fogo. A Figura 17 ilustra a capacidade isolante de cada um desses materiais; a Figura 18, suas respectivas resistências mecânicas (rigidez).

Figura 17 – Condutividade térmica de materiais isolantes (Davies, 1997)

Figura 18 – Resistência ao cisalhamento de materiais isolantes (Davies, 1997)

Conclui-se que, quando o projeto exige alta resistência ao fogo, o núcleo das placas metálicas compostas deve ser em lã mineral; porém, este material é o que apresenta maiores problemas com relação à durabilidade (degradação de certas lãs minerais quando atacadas pela combinação de elevadas temperaturas e umidades); quando o isolamento térmico é o requisito que predomina, o poliuretano, associado a sua capacidade de laminação, deve ser o material selecionado; e quando baixos custos e algum risco com relação à resistência e reação ao fogo são aceitáveis, o poliestireno pode ser a opção. Davies (1997) observa a necessidade de selar as juntas entre painéis quando se utiliza miolo em poliestireno, evitando que o fogo se espalhe por entre o miolo da placa composta, que, após extinção do poliestireno, torna-se vazia.

O *Cahier du CSTB 3501* (2004) sugere que as principais características a serem analisadas quando da seleção de placas metálicas são: resistência à tração e compressão, resistência ao cisalhamento por ensaio de flexão, resistência térmica (isolamento), estabilidade dimensional, classe de reação ao fogo e durabilidade, além da facilidade de limpeza e da alta absorção de sujidades. A Tabela 19 exemplifica alguns tipos de componentes de vedação metálicos.

Tabela 19 – Exemplos de componentes de vedação ou revestimento metálicos

Característica da placa/fonte	Aspecto estético (acabamento)	Dimensões e tolerâncias	Espessura/rigidez	Classe de reação ao fogo	Durabilidade
painel metálico (2 chapas de alumínio solidarizadas por um núcleo em poliuretano preto) empregado como paramento exterior de fachadas leves, suportado por estruturas secundárias em alumínio (CSTB – AT 2/02-917)	alumínio bruto, alumínio anodizado (incolor, bronze, champaigne e preto) e alumínio pré-pintado (existência de 24 cores)	largura: 1000, 1250 e 1500mm; comprimento: 1500 a 3200mm	3mm/12,5da N/m ² 4mm/24,0da N/m ² 6mm/59,0da N/m ²	M1 – anodizado M1 a M4 – pré-pintado	≥ 10 anos; manutenção a cada 2 anos
placa metálica associada a um material isolante tipo poliuretano, autoportante, fixado à estrutura principal ou vedo do edifício (CSTB – AT 2/03-1052) /	acabamento superficial: liso ou relevo; pré-pintado (existência de 20 cores)	largura: 500mm; comprimento: 2,0 a 14,0m	(1) 32mm/ ≥28Kpa (2) 62mm/ ≥28Kpa	M1 p/ espessura 32mm	≥ 10 anos com lavagem simples

2.3.2.3 Placas de vidro

Os principais parâmetros a serem considerados na seleção de componentes transparentes (vidros) para as fachadas leves dizem respeito à eficiência energética, requisito que é traduzido pelos critérios de Fator Solar, sombreamento e isolamento térmico, anteriormente discutidos no item 2.2.5, além dos requisitos com relação à segurança (resistência aos choques e ao fogo).

Segundo Caram (2002), o uso de componentes transparentes, quando adotado sem observar os devidos critérios de eficiência energética, os quais regulam o ingresso da energia solar no ambiente interno, pode ser um dos causadores de desconforto térmico, principalmente em climas quentes como o do Brasil, além de ser um dos causadores de consumo excessivo de energia para refrigeração e condicionamento do ar.

A energia solar, ao atingir o vidro, pode ser refletida por ele, absorvida e transformada em

calor ou transmitida para o interior. A maioria dos vidros incolores transmite praticamente todas as radiações presentes no espectro solar: ultravioleta³², visível³³ e infravermelho próximo³⁴, sendo a principal causa dos problemas do uso de grandes panos de vidro nas fachadas e coberturas, juntando-se ao fato do vidro ser opaco ao infravermelho longo (ondas de calor emitidas por corpos aquecidos). Esse efeito, conhecido como efeito estufa, implica diretamente num significativo acúmulo de densidade de energia térmica no interior das edificações. Por isso, de maneira geral, a intenção de um suposto vidro ideal é a de ser transparente ao espectro visível e opaco ao infravermelho próximo e, em algumas vezes, ao ultravioleta (CORATO *et al.*, 2001; CARAM, 2002).

Corato *et al.* (2001) agrupa os produtos vítreos em dois grupos: básicos e tecnologicamente avançados:

Produtos vítreos básicos

O **vidro termoabsorvente** foi um dos primeiros a surgir em função da necessidade do controle solar. Nas cores cinza, bronze e verde, o vidro termoabsorvente nada mais é do que um vidro *float* (plano) colorido através da adição de óxidos, visando a proteção solar. Entretanto, segundo Caram (2002), colorações como o cinza e o bronze absorvem a luz visível e o infravermelho, esquentando-os e irradiando calor para o interior e exterior. A superfície desses vidros pode chegar, quando expostas ao sol, a 50°C ou 60°C. Os vidros de cor verde e azul apresentam-se como umas das mais eficientes soluções em termos de boa transmissão das radiações visível e infravermelha.

O **vidro laminado** é formado por duas ou mais placas de vidro plano intercaladas por uma película polimérica de polivinil butiral (incolor ou colorida), o que faz com que seja também considerado como vidro de segurança, disponível no mercado em várias cores (azul, bronze, verde e fumê). As diferenças de transmissão ótica entre esses vidros e os vidros termoabsorventes se devem ao fato de que os vidros laminados produzidos como padrão no mercado têm sua cor na película, e não no vidro em si. Caram (2001) observa que a

³² A radiação ultravioleta é responsável pela higienização de ambientes (por ser germicida e bactericida), pela pigmentação e surgimento de eritemas e queimaduras na pele, pela síntese de vitamina D e pela descoloração de pigmentos.

³³ A luz visível é necessária para a grande maioria das ações do homem e para a fotossíntese vegetal.

³⁴ O infravermelho próximo é responsável pelo aquecimento dos ambientes, pois a porção que passa pelo vidro aquece os corpos, que, por sua vez, emitem infravermelho longo. O vidro é considerado transparente para o infravermelho próximo e opaco para o infravermelho longo, por isso cria-se o efeito estufa.

composição mais eficiente do vidro laminado seria se o vidro fosse colorido e a película incolor, o que criaria uma barreira para parte do infravermelho (por conta do vidro verde) e para quase totalidade de UV (por conta da película), sem prejudicar a transmissão da luz visível.

O **vidro refletivo** recebe uma camada de óxidos metálicos em uma de suas faces, conferindo um aumento no seu grau de reflexão. Os processos de produção do vidro refletivo são dois: por pirólise e metalização à vácuo. O primeiro ocorre ainda na linha de produção do vidro, e consiste na deposição de óxidos metálicos diretamente sobre ele ainda quente, proporcionando elevada estabilidade e resistência ao desgaste. O segundo é realizado após a produção do vidro, e consiste na pulverização catódica de íons metálicos sobre a superfície em atmosfera inerte. Quando o ambiente externo está mais claro que o interno, a visão do interior é maior que a do exterior. Quando o ambiente externo está mais escuro que o interno, a visão do interior é menor que a do exterior. Tais fenômenos devem ser levados em consideração quando se especifica o vidro refletivo para edifícios onde a privacidade ou a necessidade de visão sejam importantes (CARAM, 2002).

Observa-se que os vidros planos (*floats*), incolores e coloridos, podem sofrer cortes, lapidação, têmpera, espelhação, etc., podendo também ser aplicados em envidraçamentos isolantes (termoacústicos) ou na composição de vidros laminados. O fato de ser temperado, ou apresentar alguma característica que o classifique como vidro de segurança, não modifica suas características óticas (Caram, 2002).

O vidro é chamado de segurança quando sua tecnologia de fabricação ou sua montagem permite reduzir a probabilidade de acidentes por choques, deformação ou por incêndio:

- **Vidro Temperado** é um vidro cristal do tipo plano submetido a aquecimento e resfriamento brusco, um processo chamado de têmpera, conferindo uma resistência a impactos da ordem de quatro a cinco vezes maior que a do vidro comum;
- **Vidro Aramado** é um vidro comum que contém em seu interior uma malha metálica. Embora apresente menor resistência mecânica e transparência que o temperado, resiste à corrosão, ao fogo e não produz estilhaços. A intransponibilidade é assegurada pela tela metálica, que se opõe à passagem de qualquer corpo estranho que eventualmente tente atravessá-lo;
- **Vidro Laminado** é aquele formado por duas ou mais placas de vidros planos, intercalado por uma ou mais películas poliméricas de polivinil butiral – PVB incolor ou colorida. A principal função desta película é a de reter os fragmentos em caso de

arrombamento ou de quebra acidental, fazendo com que a lâmina permaneça íntegra, não permitindo que a área seja devassada. O polímero apresenta também propriedade elástica quando forçado, resistindo à entrada ou queda de pessoas ou objetos, embora se rompa sob ação de esforços contínuos.

Produtos vítreos tecnologicamente avançados

O **vidro insulado** (originado do inglês “*insulated*”, é o termo técnico e o nome de mercado utilizado para designar o vidro duplo com camada de ar entre as lâminas) é uma combinação de vidros *float* simples, ou vidro laminado, formando um conjunto múltiplo intercalado com gases inertes (como argônio ou criptônio). Essa cavidade entre os vidros, além de excelente isolante acústico, impede trocas de calor por condução. Uma característica do vidro insulado que tem sido amplamente explorada é a inserção de algum produto nesses espaços vazios entre as lâminas, como por exemplo, persianas, brises e materiais transparentes ou translúcidos que diminuam a convecção do ar no interior ou garantam barreira visual.

Películas *low-e* (baixa emissividade), utilizadas sobretudo em países frios, diminuem a transferência de calor (infravermelho longo) através das superfícies de vidro. A conjugação de sistemas insulados e películas *low-e* formam as *super-windows* (HERZOG, 1996; SICHIERI, 2001), que resultam em alta resistência térmica e boa opção para ambientes que utilizam aquecedores; entretanto, nem sempre adequadas às situações brasileiras.

Os vidros com camadas dicróicas, os vidros termo e fotocromicos (materiais cromogênicos passivos) e vidros eletrocromico (materiais cromogênicos ativos) não serão abordados neste trabalho, pois são materiais ainda em desenvolvimento, cuja utilização ainda é pequena, apesar de serem produtos promissores para os futuros projetos de fachadas inteligentes.

Recomenda-se, nesta tese, que, ao selecionar um tipo de vidro, sua cor e parâmetros de absorção e transmissão sejam considerados (fator solar nos diferentes espectros). Caram (2002) compara parâmetros de absorção e transmissão de diversos de tipos de vidros, bem como de suas respectivas cores, para ângulos de incidência entre 40° e 60°. A Tabela 20 mostra alguns desses parâmetros.

Tabela 20 – Características de absorção, transmissão e reflexão de vidros, considerando diferenças no espectro solar (dados analisados de CARAM, 2002)

Tipo de vidro	Características			Observação
	absorção	transmissão	reflexão	
vidro plano (comum) incolor	baixa a todo o espectro	alta a todo o espectro	baixa a todo o espectro	-
vidro plano (comum) colorido - verde	40%	50% boa transparência a luz visível (60%) e baixa ao infravermelho (25%)	10%	-
vidros laminados escuros (bronze e cinza)/ vidro incolor; película colorida	50%	45% transmissão à luz visível (34 a 39%); transmissão do infravermelho (38 a 50%)	5%	Independentemente da cor, a proteção contra ultravioleta é eficaz Os vidros laminados com a coloração dada pelos vidros e não pela película, apresentam transparência ao visível dos vidros cinza, bronze e verde de, respectivamente, 36%, 39% e 52%. A transparência ao infravermelho é de 31%, 38% e 14% Esses dados mostram que os vidros laminados podem ter mesma aparência (estética), mas características óticas diferentes
vidros laminados verdes	50%	45% transmissão média à luz visível (50%); transmissão do infravermelho (50%)	5%	
vidros laminados refletivos na cor azul claro	51%	31%	18%	
vidros laminados refletivos na cor prata escuro	48%	7%	45%	Os resultados ilustram que, apesar do nome “refletivo”, esses vidros podem ser altamente absorventes. É indiscutível que eles apresentam realmente maior reflexão que os vidros comuns, mas ainda continuam a ser absorventes, assim como os vidros comuns, verde, cinza e bronze. A reflexão pode ocorrer principalmente na região do visível
vidros laminados refletivos na cor prata	28%	41%	45%	

2.3.3 Isolantes térmicos

Os isolantes térmicos mais utilizados são o poliestireno expandido ou extrudado e as lãs minerais, cujas características térmicas principais para seleção desses componentes estão descritas no item 2.3.2.3. Observando que a condutibilidade térmica é o parâmetro que define se um material é isolante ou não, portanto, para ser isolante, o material deve

apresentar condutibilidade inferior a $0,06\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ (Frutos, Gonzalez (sd) *apud* Prado (2003)).

2.3.4 Vedação das juntas: Guarnições e Selantes

As juntas constituem-se num volume existente entre dois componentes ou elementos construtivos, cujas funções podem ser: unir elementos, garantir acabamento, garantir estanqueidade à água e ao ar e/ou absorver movimentações, além de evitar o contato de componentes de diferentes coeficientes de deformação higrotérmica. Este volume pode ser, ou não, vedado.

As juntas vedadas podem ser classificadas em juntas de topo (superfícies paralelas) ou juntas de canto; além disso, podem ser constituídas de uma ou mais barreiras contra a ação da água, sendo denominadas de juntas de um ou dois estágios. As juntas de um estágio apresentam só uma linha de defesa porque, geralmente, têm um formato geométrico simples, justapostas, com presença de selante somente em uma de suas bordas. As juntas de dois estágios, por sua vez, são baseadas na idéia de criar um anteparo à água de chuva por meio do seu próprio formato geométrico e da presença de selantes em uma ou duas de suas bordas, tendo condições de apresentar duas linhas de defesa a favor da estanqueidade à água de chuva e ao ar, como ilustra a Figura 19.

Figura 19 – Esquema de juntas de um e dois estágios

A vedação das juntas geralmente é feita com selantes ou guarnições (perfis pré-formados). Os selantes têm forma pastosa, são moldados, ou extrudados, no local e podem ter comportamento elástico, ou plástico. As guarnições são perfis pré-formados utilizados,

geralmente, em seções geometricamente definidas, e têm propriedades plásticas.

As características a serem analisadas para a seleção desses componentes de vedação são: compatibilidade³⁵, tensão de ruptura, adesão e coesão, tempo de estocagem, módulo de elasticidade, capacidade de deformação, alongamento máximo, temperatura de serviço, resistência aos solventes e óleos, resistência à umidade e aos raios ultravioletas (NF P 85 210-1/DTU 44.1 (2002); COGNARD, 2001).

2.3.4.1 Selantes

Os selantes são constituídos de diversos materiais: silicone, poliuretanos, polissulfetos, acrílicos, entre outros, e devem resistir aos esforços solicitantes e acomodar as movimentações previstas no dimensionamento das juntas. A capacidade de movimentação de um selante é medida por meio do percentual de movimentação, que é função do seu módulo de elasticidade. Quanto maior o módulo de elasticidade, menor a capacidade de movimentação do selante (BSI BS 5385 1994; NF P 85 210-1/DTU 44.1, 2002).

A capacidade de movimentação do selante aplicado na junta, tanto em relação ao alongamento quanto à contração, é utilizado para classificar os selantes em categorias de 5%, 12,5%, 25%, 50% e 100%. A norma ASTM C920 (1998) classifica os selantes, segundo sua capacidade de absorver deformações sem perder aderência à base, em duas categorias: “Classe 25” e “Classe 12,50” (um selante Classe 25 deve suportar, no mínimo, deformações correspondentes a 25% da largura da junta, sem perder aderência ao substrato). A NF P 85 210-1/DTU 44.1 (2002) classifica os selantes segundo sua capacidade de deformação e seu comportamento estrutural (Tabela 21).

Tabela 21 – Classe do selante segundo sua capacidade de movimentação e comportamento estrutural (NF P 85 210-1/DTU 44.1, 2002)

Classe e comportamento estrutural	Capacidade de movimentação
25 E	± 25%
12,5E ou 12,5P	± 12,5%
7,5P	± 7,5%
E= comportamento elástico P = comportamento plástico	

³⁵ Propriedade de um produto permanecer em contato com um material sem que uma interação físico-químico altere sua integridade e afete seu desempenho.

Além da escolha de um selante com capacidade de deformação adequada e compatível com sua utilização e solicitação, outro fator que contribui para o desempenho dos selantes quanto à resistência de aderência são os limitadores de profundidade. Eles definem a espessura do selante e evitam seu consumo excessivo, fazendo com que o material tenha aderência apenas com as laterais, deformando-se livremente em dois lados. Geralmente o limitador de profundidade é formado por uma espuma à base de poliuretano de célula aberta ou de polietileno de célula fechada, bem como fitas de polietileno para juntas pouco profundas, com capacidade de compressão de até 50%.

Outra característica importante do selante é a dureza, isto é, a resistência à penetração superficial, determinada através da escala *Shore A* de medidas relativas. Em uma variação de 0 a 100, a dureza pode ser classificada em vários níveis, associados ao módulo de elasticidade. Os selantes de baixo módulo apresentam dureza *Shore A* entre 10 e 30. Para ilustrar essa escala de dureza, tem-se que a borracha de um pneu de automóvel tem cerca de *Shore A* 70 (PANEL; COOK, 1991). Interessa ressaltar que alguns selantes apresentam, no início da cura, dureza entre 30 e 40, e após um ou dois anos, passam para 60 a 80. Portanto, sua capacidade de alongar-se e não fissurar ou quebrar vai sendo reduzida ao longo do tempo (KLOSOWSKI, 1989).

A Tabela 22 resume algumas das características dos selantes à base de silicone e de poliuretano comumente comercializados no Brasil e empregados em juntas entre elementos e componentes de fachada.

Tabela 22 – Resumo de algumas características de selantes (informações de www.dowcorning.com.br; www.basf.com.br; www.sika.com.br; disponível em 26/11/2008)

Características	Poliuretanos-Monocomponentes	Silicones - Monocomponentes	
		Cura Neutra	Cura Acética
Aplicação	vedação de juntas de movimentação entre elementos de fachada (substratos porosos)	vedação de juntas de movimentação (substratos porosos e não porosos)	vedação de juntas de movimentação (substratos não porosos)
Capacidade de movimentação	± 25%	± 50%	± 20%
Durabilidade (anos)	10-20	10-20	10-20
Dureza inicial (1 a 6 meses) (20°C)	20-30	30	20
Temperatura de trabalho (°C)	-20°C a +70°C	-50°C a +150°C	-40°C a +120°C
Temperatura de aplicação (° C)	-	-25°C a +50°C	-
Tempo de cura (dias)	01 a 02 dias	7 a 14 dias	02 dias
Comportamento estrutural	elástico	elástico	elástico
Resistência a raios UV	Boa	Boa	Boa
Cor	preto, branco, cinza e bege (aceita aplicação de pintura)	preto, bronze, cinza e branco	transparente e branco

Resistência à tração	1,80 MPa	0,75 MPa	-
Alongamento máximo na ruptura	600%	460%	-

2.3.4.2 Guarnições

Geralmente as guarnições empregadas são: guarnições de EPDM, guarnições TR (elastômeros termoplásticos) e guarnições de silicone. As guarnições de EPDM, apesar de serem as mais utilizadas, têm baixa resistência a compostos químicos, principalmente aos solventes. A Tabela 23 resume as exigências mínimas das guarnições em EPDM, segundo a ABNT NBR 13.756 (1996).

Tabela 23 – Especificações para guarnições de EPDM (ABNT NBR 13.756, 1996)

Características	Unidade	Exigência	Tolerância
Dureza	Shore A	60-70	± 10
Tensão de ruptura	MPa	> 7,0	-
Alongamento na ruptura	%	Mínimo 250	-50
Deformação sob compressão	%	<35	
Resistência ao ozônio	Índice de Fendimento	0	0
Teor de cinzas	%	7	-

As guarnições de TR são para aquelas aplicações que exigem alta resistência aos raios ultravioletas e acabamento superficial variado, pois existem guarnições TR em diversas cores. As guarnições de borracha de silicone apresentam algumas vantagens com relação às de EPDM: resistência a altas temperaturas (260°C), flexibilidade a baixas temperaturas e boa resistência a compostos químicos (ácidos, bases e ozônio).

Portanto, a seleção de componentes para vedar as juntas depende de vários fatores, entre eles a relação entre as dimensões das juntas e a capacidade de absorver deformação desse componente. A NF P 85 210-1/DTU 44.1 (2002) especifica as classes e dimensionamentos dos materiais de vedação das juntas (selantes e guarnições) para diferentes usos (Tabela 24), além de sugerir o resumo das características que devem ser analisadas para selecionar o material de vedação das juntas, conforme mostra Tabela 25.

Tabela 24 – Classe e dimensionamento dos materiais de vedação das juntas (NF P 85 210-1 / DTU 44.1 (2002))

Tipo de junta	Percentual de movimentação (%)	Largura inicial da junta (L _o) (mm)		Selante	
		mínima	máxima	Classe	Profundidade
Um estágio	≤25	5	30	25E	p=L _o /2 (mínimo de 5mm)
Dois estágios	≤25	5	30	25E	
	≤12,5	5	30	12,5E ou 12,5P	
	≤7,5	5	30	7,5P	
				Guarnição	
Dois estágios	≤7,5	5	-	Seção mínima de 80mm ² (diâmetro nominal de 9,5mm) Compressão mínima de 30% da espessura inicial da guarnição	

Tabela 25 – Considerações para a seleção do componente de vedação de juntas (NF P 85 210-1, 2002)

Análise	Requisito
1 - Concepção e dimensão da junta	coeficientes de dilatação dos materiais em contato com a junta
	movimentos a serem absorvidos pela junta (térmicos, umidade, etc.)
	escolha do selante compatível com tal movimentação
	largura, profundidade e forma da junta prevista em projeto
2 - Características mecânicas requeridas	alongamento máximo
	tensão de ruptura à tração antes e após ciclos de envelhecimento
	dureza
3 - Características físico-químicas	adesão sobre substrato
	cor
4 - Durabilidade	temperatura máxima e mínima de serviço
	resistência à umidade
	resistência aos raios ultravioletas

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo foi dividido em três partes: 1) caracterização das fachadas leves; 2) desempenho do subsistema fachada, quando formado por tecnologias de fachadas leves; e 3) descrição das características dos componentes que formam os elementos das fachadas leves.

Na primeira parte, foi apresentada uma conceituação e classificação das fachadas leves, e foram mostrados alguns exemplos de aplicação tanto para construção quanto para renovação de edifícios.

A segunda parte discorreu sobre os requisitos de desempenho considerados prioritários para fachadas que empreguem tecnologias de fachadas leves, além de traçar uma correlação entre tais requisitos e seus respectivos critérios de desempenho. Foi feita ainda uma análise comparativa entre os critérios de desempenho de normas e textos regulamentares nacionais e estrangeiros, visando compreender suas semelhanças e diferenças, buscando balizar os critérios de desempenho a serem recomendados na metodologia a ser proposta nesta tese.

A terceira e última parte apresentou os componentes empregados nas fachadas leves, bem como suas características prioritárias.

Portanto, os assuntos cuidados e discutidos neste capítulo, especialmente os critérios de desempenho adotados para as fachadas leves e as características requeridas para seus componentes, serão incorporados à metodologia para desenvolvimento de projetos de fachadas leves, a ser proposta no Capítulo 5 desta tese.

3

CONSTRUÇÃO FRANCESA COMPARADA À BRASILEIRA

Neste capítulo, apresentam-se algumas características do setor da construção francesa comparadas às da construção brasileira, a fim de mostrar as diferenças entre o desenvolvimento do processo de projeto francês com relação ao brasileiro, particularmente no que diz respeito ao processo de projeto de fachadas leves. Além disso, pretende-se analisar “como” essas diferenças podem servir de exemplo para a construção brasileira, e se podem ser incorporadas à proposta desta tese.

Para fazer esta comparação entre o processo de projeto francês e brasileiro, é necessário entender também as diferenças estruturais entre os setores, especialmente no que se refere à legislações e normas técnicas que regem o setor da construção em ambos os países. Nesse sentido, faz-se uma descrição e análise comparativa entre a França e o Brasil no que diz respeito:

- às características de mercado do setor da construção (índices econômicos);
- às regras e ao funcionamento do setor com relação aos textos oficiais e técnicos (documentos de referência);
- às legislações e normalizações técnicas, especialmente daquelas que tratam de responsabilidades e garantias; das regras para construção, de reabilitação ou renovação de edifícios; do processo de projeto; do desempenho do edifício e suas partes, e das fachadas leves;
- à gestão do processo de projeto e do projeto de fachadas, especialmente da configuração entre os agentes e de suas atribuições, das etapas do processo de projeto e das atividades de controle (análise crítica e verificação) de projetos.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE MERCADO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO

O setor da construção francesa participa de uma importante parcela do PIB nacional (Produto Interno Bruto). Os indicadores econômicos mostram que, em 2007, no segmento edificações, essa participação girou em torno de 6,5% (INSEE, 2009).

Segundo os indicadores econômicos, o setor da construção francesa passou por um período de crescimento do ano de 1998 até 2007. Em dez anos o setor teve um crescimento, em volume de negócios, maior que 30%, o que permitiu a criação de cento e sessenta mil (160.000) empregos permanentes (Figura 20). Porém, no ano de 2008, ocorreu um decréscimo de 2,3% do volume de negócios com relação a 2007. Estima-se que haverá uma diminuição de volume de negócios em 2009, relacionado com 2008, de 4,6% (FFB, 2007; *MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT ET D'AMÉNÈGEMENT DURABLE*, 2007 e 2009; INSEE, 2009).

Figura 20 – Crescimento do setor da construção civil na França em milhares de euros (INSEE, 2009 – disponível em www.insee.fr/l/Logement Mis en chantier)

O segmento edificações do setor da construção francesa é subdividido em três grupos de atividades: construção nova, conservação e renovação (incluem-se atividades de

manutenção, reparos, restauros, reabilitação e renovação), e infraestrutura relacionada diretamente com o edifício (construção e manutenção de sarjetas, vias de acesso, etc.), cujas participações percentuais no valor de negócios da construção relativas giram em torno de 47,7%, 40,1% e 12,2%, respectivamente (Figura 21).

Figura 21 – Participação percentual das atividades no setor da construção (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT ET D'AMÉNAGEMENT DURABLE, 2007)

Observa-se que a manutenção e a renovação são atividades bastante expressivas no setor da construção, em razão, entre outras, das várias operações de reurbanização das principais cidades da França, como as operações de reurbanização dos bairros parisienses (informação disponível em: <www.grandsprojets.paris.fr>), além da quantidade expressiva de edifícios antigos (grande quantidade de edifícios construídos no início do século vinte e na década de cinquenta e sessenta, após a Segunda Guerra Mundial), os quais precisam ser conservados, renovados ou reabilitados.

Faz-se também outro corte para analisar o segmento edificações, ou seja, subdividindo-o em: segmento residencial construção nova, residencial manutenção e renovação, não residencial construção nova e não residencial manutenção e renovação (Figura 22).

Figura 22 – Trabalhos realizados pelas empresas de construção, públicas ou privadas (FFB, 2009 – Espace entreprise – chiffre de 2007)

Com relação aos métodos construtivos utilizados, tanto nas construções novas quanto nas operações de renovação, pode-se dizer que o segmento terciário (não residencial), frequentemente, opta por empregar em suas fachadas tecnologias de fachadas leves, especialmente as construções para escritórios; por isso, a comercialização dessa tecnologia apresentou um crescimento de 23% entre os anos de 2000 e 2005 (TBC, 2006).

O setor da construção civil brasileira também vem apresentando um crescimento e começou a recuperar-se a partir do ano de 2004, após um período de retração entre 1999 e 2003. Em 2007, o setor apresentou um crescimento de 10% em relação a 2006 (IBGE-PAIC, 2007). A Figura 23 mostra a curva do consumo de cimento anual, a qual também é utilizada para caracterizar o crescimento do setor da construção.

Figura 23 – Crescimento do consumo do cimento (Revista Conjuntura da Construção, 2007)

O setor da construção civil brasileira, aquele que engloba edificações e construção pesada, respondeu por cerca de 7,32% do PIB nacional, dados relativos ao ano de 2004³⁶.

No Brasil realiza-se também outro estudo, denominado *Construbusiness*, o qual avalia a participação da construção no PIB nacional considerando toda a cadeia produtiva do setor, isto é, engloba o setor da indústria de materiais de construção (4,0%) e o de bens de capital para a construção e diversos serviços (2,0%). Analisado dessa maneira, o setor chega a participar com aproximadamente 16,0% no PIB nacional (SILVA, TEIXEIRA, 2005)

Também se agrupam os produtos da construção, aqueles considerados como edificações ou obras pesadas em quatro segmentos: residencial, não residencial, infraestrutura e outros, sendo as participações percentuais no valor de negócios relativas ao ano de 2007 de, respectivamente, 18,0%, 25,4%, 36,3% e 20,3% (Figura 24). Observa-se que são indicadores relativos ao mercado formal. O segmento edificações, seja ele residencial ou não residencial, pode estar associado à construção nova ou às reformas (manutenção, renovação ou reabilitação); entretanto, as pesquisas estudadas não fazem essa

³⁶ Disponível em :<http://www.sinduscon-es.com.br/comissao_economia_estatistica/cgi-bin/pib.asp>, Acesso: junho de 2009.

diferenciação, porque o volume de negócios de renovação e reformas *formalizados* não é significativo comparado ao de construção.

Figura 24 – Percentual de valores de negócio divididos em grupos de produtos e/ ou serviços da construção em 2007 (IBGE-PAIC, 2007) – mercado formal

O Brasil, diferente da França, ainda não possui dados estatísticos oficiais sobre o percentual das atividades de manutenção, reabilitação e renovação de edifícios. Isso porque este é ainda um segmento de mercado “relativamente” novo, o qual começou a ser “realmente” explorado há menos de dez anos, quando os primeiros instrumentos legais (leis, decretos e resoluções) começaram a ser elaborados visando impulsionar o segmento (como, por exemplo, a Lei nº 12.350, de 6 de junho de 1997: isenção de IPTU para proprietários que recuperarem suas fachadas).

Segundo Wiazowski (2007), o processo de renovação de edifícios brasileiros, prática que surge como uma solução para adequação de tais edifícios às novas exigências do setor, pode estar se tornando um negócio viável e rentável para o setor imobiliário, em função da grande quantidade de edifícios antigos e desvalorizados concentrados, particularmente, nos centros das grandes cidades brasileiras.

Com relação às características de mercado, conclui-se que o mercado de manutenção e renovação da construção francesa, diferente da brasileira, é consolidado e apresenta valores de negócios expressivos (cerca de 40,0% das obras de edificações são do segmento de manutenção e reforma). Entretanto, no Brasil, este ainda é um segmento novo, mas que apresenta potencial de crescimento. No que diz respeito aos métodos construtivos,

especialmente com relação à tecnologia de fachadas leves, sabe-se que, no Brasil, notadamente na cidade de São Paulo, esse mercado vem crescendo, isso pelo número crescente de fachadas em vidro, placas metálicas e outros, principalmente no segmento não residencial.

3.2 REGRAS E FUNCIONAMENTO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO: TEXTOS OFICIAIS E TÉCNICOS

Os dados transcritos e analisados com relação às regras e funcionamento da construção francesa foram baseados no guia prático de regras da construção do CSTB (2005)³⁷ e no CSTB - REEF (*Encyclopedie des règles technique du bâtiment*).

As regras de funcionamento do setor da construção civil na França baseiam-se em dois tipos de documentos:

- nos textos oficiais com caráter obrigatório (leis, decretos, arrêts, códigos e normas técnicas); e
- nos textos técnicos (documentos de referência), cuja aplicação é voluntária, mas que se torna obrigatória se mencionada em contratos, como no caso de contratos firmados com o setor público.

3.2.1 Textos oficiais (leis, decretos, arrêts e códigos)

As leis, decretos, *arrêts* e códigos formam um conjunto de textos oficiais de aplicação obrigatória.

As leis são votadas pelo Parlamento (Assembléia Nacional e Senado), promulgadas pelo Chefe de Estado e publicadas no Jornal Oficial (Edição: Leis e Decretos). As leis se diferenciam entre elas pela presença de um número, uma data e um título (os quatro primeiros números indicam o ano, os seguintes a ordem da lei no ano; por exemplo, a Lei nº

³⁷ *Guide Pratique: les règles de construction. CSTB, 2^o édition, France 2005.*

2000 -1208, *du 13 décembre 2000*, relativa à renovação urbana – *renouvellement urbain*).

A lei é aplicada após sua publicação no Jornal Oficial, observando-se que, em alguns casos, ela somente será aplicada após a intervenção de um decreto de aplicação (texto regulamentar). Além disso, a lei não é retroativa, e deve ser aplicada somente após sua promulgação.

A maioria dos decretos que dizem respeito à construção civil são regras de aplicação destinadas a assegurar a execução de uma lei; eles se apoiam sobre elas e não podem contradizê-las. Os decretos são textos assinados pelo primeiro ministro e, em algumas situações, pelo ministro do setor interessado. Os decretos, assim como as leis, diferenciam-se entre si por um número, uma data e um título (Decreto nº 2006-592, de 24 de maio de 2006, relativo às características térmicas e desempenho energético das construções).

Além dos decretos, existem os *arrêtés*, que também são textos regulamentares editados pelos próprios ministros de interesse. Os *arrêtés* detalham com maior precisão as condições de aplicação das leis e decretos. Por exemplo, a legislação térmica de 2005 foi posta em prática após a publicação de três textos oficiais: a Lei nº 2005-781, de 13/07/2005 (Programa que fixa os objetivos da política energética); o Decreto nº 2006-592, de 24/05/2006 (Características térmicas e desempenho energético das construções) e o *arrêté du 24/05/2006* (texto relativo às características térmicas de construções novas e das partes novas da construção).

Os *arrêtés* podem ser ministeriais, interministeriais, estaduais ou municipais. Entretanto, existe uma hierarquia entre eles: um texto municipal não pode contradizer o estadual, e este último não pode contradizer o ministerial.

Os textos oficiais na França, com o objetivo de facilitar e simplificar sua consulta e o seu entendimento, estão agrupados em vários códigos em função das atividades e segmentos dos setores (construção, urbanismo, ambiente, saúde pública, consumidor, civil, etc.). Os códigos são divididos em duas ou três partes: os artigos L (leis), os quais agrupam a parte legislativa; os artigos R (decretos), que agrupam a parte regulamentar e, eventualmente, os artigos A (*arrêtés*). Esses códigos sofrem constantes modificações, sendo a parte legislativa modificada pela introdução e/ou alteração de leis, e a parte regulamentar pela introdução e/ou alteração de decretos. Especialmente para o setor da construção civil, existem dois

Códigos: O Código de Obras e o Código de Urbanismo. O primeiro regulamenta aspectos técnicos do edifício, e o segundo, aspectos arquitetônicos e relações do edifício com a vizinhança, interferências e impactos urbanos. A Figura 25 ilustra a hierarquia entre os textos obrigatórios.

Figura 25 – Hierarquia dos textos oficiais e obrigatórios, constantes de um código

No Brasil, assim como na França, os textos oficiais – leis, medidas provisórias, decretos, resoluções, instruções normativas e normas regulamentadoras – também são de aplicação obrigatória. Todos os textos passam a ser oficiais e válidos a partir da publicação em Diário Oficial. Também como na França, existem alguns códigos que englobam um grupo de leis, como o Código Civil e o Código de Defesa do Consumidor. Entretanto, os textos oficiais que regulam o setor da construção civil, em âmbito nacional, não se encontram agrupados em um único Código “federal”.

O Código “federal” mais importante para o setor é o Código de Defesa do Consumidor, o qual regula responsabilidades pelas falhas construtivas e estabelece prazos de garantia (cinco anos para vícios ocultos) e prazos para qualquer reclamação por vícios aparentes ou ocultos³⁸ (Meirelles, 1990).

Existem, porém, os Códigos de Obras e Edificações – COE, os Planos Diretores e os Códigos Sanitários Estaduais. O Código de Obras dispõe sobre as regras técnicas (gerais e específicas) a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução e manutenção das edificações na municipalidade. O Plano Diretor é um complexo de normas e diretrizes

³⁸ Vícios aparentes são aqueles visivelmente constatáveis por qualquer pessoa, sem necessidade de que seja um técnico especializado. Vícios ocultos são aqueles não constatáveis de imediato, porque não são aparentes, ou foram dissimulados ou somente são verificáveis por pessoa com aptidão técnica (Del Mar, 2007).

técnicas para o desenvolvimento global e constante do município sob aspectos físicos, econômicos e administrativos (refere-se ao plano de desenvolvimento urbano do município). Finalmente, o Código Sanitário objetiva, no que diz respeito ao projeto e à construção, assegurar que as edificações apresentem ambiente adequado ao trabalho e à moradia, isto é, regula aspectos sobre a salubridade do ambiente.

Conclui-se que, na França, os Códigos e regras que regulamentam o setor da construção são federais e, no Brasil, em sua maioria, são regionais (estaduais e municipais).

3.2.2 Textos técnicos (normas técnicas, ATEC, marca “CE” e ATE, DTUs e CPT)

Os textos técnicos relativos ao setor da construção francesa considerados “oficiais” são divididos em dois grupos:

- aqueles que tratam de produtos e procedimentos balizados por normas técnicas (produtos e procedimentos dito “convencionais”), como as próprias normas técnicas e os DTUs (Documentos Técnicos Unificados), que estão pouco a pouco sendo transformados em normas técnicas; e
- aqueles que tratam de produtos “inovadores” (sem norma técnica prescritiva), como os *Avis Techniques* – ATEC, Apreciação Técnica de Experimentação – ATEX e o Caderno de prescrições técnicas – CPT.

3.2.2.1 Normas técnicas

Atualmente, em razão dos processos de unificação da Comunidade Européia, existem dois tipos de sistemas normativos: o sistema francês (nacional) e o sistema europeu.

O sistema de normalização francês é gerido pela AFNOR (Associação Francesa de Normalização), criada em 1926, e a elaboração do projeto técnico da norma é coordenado por um escritório especializado no assunto (*bureau de normalisation* – BN). No setor da construção, pode-se dizer que existem quatro tipos de normas:

- as normas de produtos, que especificam características e desempenhos a serem atendidos;
- as normas de métodos de ensaios e análises, que avaliam as características e o desempenho dos produtos;

- as normas de execução dos trabalhos de construção (Normas DTUs, ou seja, DTUs que viraram normas);
- as normas de cálculo e concepção do produto (Regras de cálculo – DTU).

Além disso, essas normas podem pertencer a diferentes categorias (*status*):

- normas homologadas (NF), aquelas cujo valor técnico é suficientemente reconhecido;
- normas experimentais (XP), aquelas que o projeto de norma foi publicado a título experimental e a norma está em período de avaliação;
- fascículo de documentação (FD), aqueles textos cujo caráter é essencialmente informativo; e
- documentos de referência, aqueles documentos oficiais que tratam de assuntos específicos; porém, que não são de responsabilidade da AFNOR. Por exemplo, um documento elaborado pela associação de eletricitistas que objetiva propor recomendações para segurança dos trabalhadores que operam circuitos elétricos. Os DTUs, quando não transformados em normas, são considerados documentos de referência e são de responsabilidade do CSTB. A Tabela 26 ilustra o sistema de identificação das normas.

Tabela 26 – Identificação das normas francesas e sua referência

Referência	Origem	Categoria (<i>status</i>)
NF P 31-313	Norma francesa de origem nacional	Norma Homologada
XP P 90-113	Norma francesa de origem nacional	Norma Experimental
FD P74 - 205	Documentação normativa de origem nacional	Fascículo de documento
NF EN 1506	Norma francesa que reproduz integralmente uma norma europeia, ou seja, a versão francesa da norma europeia EN 1506	Norma Homologada
NF EN ISO 9001	Norma francesa reproduzida integralmente de uma norma europeia de origem internacional (versão francesa da norma europeia que foi reproduzida da norma internacional ISO 9001)	Norma Homologada
NF ISO 6791	Norma francesa reproduzida integralmente de uma norma internacional	Norma Homologada
UTE C 15-755	Publicada pela União Técnica de eletricidade	Documento de referência

A aplicação de uma norma é voluntária; entretanto, ela pode ser obrigatória ou ter força contratual quando integra atos administrativos de caráter regulamentar. Por exemplo, a aplicação de uma norma, especialmente aquelas normas que dizem respeito à segurança, saúde e proteção do ambiente, pode tornar-se obrigatória por meio de um *arrêté* ministerial. Observa-se ainda que, nas obras públicas, é obrigatória a aplicação das normas técnicas, segundo menciona o Código de Construções Públicas (*Code des Marchés Publics – Décret n° 2005-601, du 27 mai 2005*).

Outro fator importante a salientar com relação à normalização é a questão do seguro-construção, pois, segundo o *Code des Assurances (article A.243.1-annexe)*, o assegurado pode perder todo seu direito de garantia no caso de não cumprimento das regras do estado da arte, as quais estão definidas em regulamentos, DTUs e normas técnicas.

Já o Sistema normativo europeu é gerido, no caso do setor da construção civil, pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN), que é subdividido em comitês técnicos. As normas europeias são desenvolvidas pelos comitês técnicos. Uma norma europeia é um conjunto de especificações estabelecidas em colaboração e com a aprovação dos diferentes membros dos comitês integrantes do CEN. Os membros dos comitês respectivos a cada país pertencente à Comunidade Europeia devem transpor as normas europeias (EN) para o sistema nacional de normalização. As normas nacionais que estejam em contradição com as normas europeias devem ser invalidadas. Na França, essa transposição está sendo feita

sob a forma de normas homologadas.

Além das normas européias existem os Eurocodes, os quais têm *status* de norma européia de concepção e cálculos. Os Eurocodes, segundo profissionais do setor, estão pouco a pouco substituindo as regras de cálculo francesas (Regras de cálculo – DTU).

3.2.2.2 DTUs – Documentos Técnicos Unificados (*Documents Techniques Unifiés*)

Os DTUs são documentos que registram as boas práticas para projetar e executar os mais diversos elementos ou subsistemas de um edifício, e registram o método ou processo construtivo³⁹ de um determinado elemento ou subsistema do edifício (especificações técnicas de serviços). Observa-se, entretanto, que os DTUs referem-se somente aos métodos e processos construtivos considerados convencionais (aqueles que contêm normas prescritivas).

Os DTUs são, geralmente, constituídos de três partes: Caderno de cláusulas técnicas; Caderno de cláusulas especiais e Guias, informativos ou anexos. O primeiro especifica as condições técnicas para a boa execução do serviço, ou seja, tem o objetivo de salientar algumas prescrições técnicas de execução, a fim de garantir que a obra atenda o melhor possível às expectativas do cliente; o segundo define as responsabilidades de cada agente participante da execução do respectivo serviço; e o terceiro pode ser um guia, um informativo ou um caderno de observações, no qual constem, por exemplo, regras para concepção dos detalhes construtivos e exemplos de solução ou recomendações com relação às operações de manutenção, ou outros.

Esses documentos técnicos são elaborados por um grupo de coordenação de textos técnicos, conhecido como Grupo DTU, o qual é formado por representantes de arquitetos, de controladores técnicos (*bureau de contrôle*), de centros de pesquisa, de organizações profissionais, da AFNOR e do CSTB (que tem a função de gerenciar todo o trabalho).

³⁹ Método construtivo é um conjunto de técnicas construtivas independentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de um edifício, e processo construtivo é uma maneira específica de construir o edifício (o todo) (SABBATINI, 1989).

Um dos papéis essenciais do DTU é o de servir como referência para vários tipos de contratos, como por exemplo, entre clientes e as empresas contratadas e entre essas e as seguradoras. Além disso, os DTUs são documentos que auxiliam tanto o desenvolvimento de projetos quanto o seu controle, além de auxiliar o controle da execução de determinado serviço.

Observa-se que, aos poucos, os DTUs estão sendo transformados em normas técnicas, pois a CEN, em meados de 1989, ao iniciar o trabalho de elaboração de normas, começou a incluir em seu sistema normas de especificações de serviços. Portanto, nada mais lógico do que aproveitar os documentos de especificações de serviços (DTUs) já existentes.

Dessa forma, como as normas técnicas, os DTUs podem pertencer a diferentes categorias: norma homologada, norma experimental, fascículo de documento, ou documento de referência técnica (próprio DTU), quando este ainda não foi integrado ao sistema normativo. Segundo o CSTB (2005), esses documentos serão progressivamente transformados em normas ou suprimidos. Por exemplo, o DTU 33.1 (*Façade rideaux, façade semi-rideaux, façade panneaux*), o qual era constituído de três partes: caderno de cláusulas técnicas, caderno de cláusulas especiais e guia sobre manutenção, foi transformado e publicado como norma experimental: XP P28-002-1; XP P28-002-2; XP P28-002-3.

3.2.2.3 *Avis Techniques* – ATEC e Apreciação Técnica de Experimentação – ATEX

Um *Avis Technique* (ATEC) é um documento padronizado e oficial⁴⁰ que apresenta uma apreciação (avaliação) sobre procedimentos, materiais, elementos e equipamentos utilizados numa construção quando esses são considerados como inovadores e, consequentemente, não dispõem de normalização técnica prescritiva. O ATEC é elaborado por uma comissão técnica, que é secretariada pelo CSTB. Existem atualmente 14 subgrupos onde os ATECs são desenvolvidos: G1 – Concreto e fixações; G2 – Construção, fachada e divisórias leves; G3 – Estrutura, laje e outros elementos estruturais; G5 –

⁴⁰ O sistema de avaliação ATEC foi estabelecido por um *arrête* do ministro responsável pela construção (*arrête du 2 décembre 1969*).

Cobertura, telhados e impermeabilizações; G6 – Componentes de esquadrias e vidros; G7 – Produtos e sistemas de estanqueidade e isolamento de paredes verticais; G9 – Divisórias em gesso acartonado; G12 – Revestimento de piso; G13 – Revestimento de paredes; G14 – Instalações climáticas e sanitárias; G16 – Produtos e processos especiais para alvenaria; G17 – Redes; G19 – Tratamento de água; G20 – Produtos e métodos especiais de isolamento.

O ATEC é um documento informativo sobre os resultados da avaliação técnica de um produto ou procedimento de construção. Geralmente o conteúdo de um ATEC apresenta: definição do produto, parecer do produto com relação à área de aplicação e a aspectos técnicos avaliados (desempenho, durabilidade e manutenibilidade, fabricação e controle, fornecimento e execução), métodos de avaliação do processo, referenciais técnicos a serem seguidos, considerações complementares, apreciação global do produto e validade do documento.

Resumindo, o ATEC, segundo Vigan (1993), é um documento oficial que contém um parecer produzido por uma comissão composta de especialistas, em relação a um produto (material ou método construtivo) não tradicional. Sua elaboração apoia-se em resultados de ensaios realizados em laboratório, resultados obtidos em canteiro de obras piloto e em análises comparativas com materiais ou técnicas já conhecidas.

Já o ATEX (Apreciação Técnica de Experimentação) é um documento de avaliação de produtos e métodos construtivos inovadores que não possuem um ATEC, e cujo processo de análise é mais rápido, pois é válido somente para uma obra. O ATEX não é publicado, ele pertence somente à empresa requisitante da análise. Geralmente o ATEX avalia a segurança, a viabilidade, o funcionamento, a probabilidade de ocorrência de imprevistos e a manutenibilidade do produto inovador. Um ATEX pode apresentar uma avaliação favorável, reservada ou desfavorável. Uma vez que o parecer do ATEX é favorável, os riscos da sua utilização são cobertos pelas seguradoras. Por exemplo, para viabilizar a reabilitação da fachada do edifício sede da *Radio France*, utilizou-se uma tecnologia inovadora e específica para este empreendimento. Por este motivo, tal tecnologia foi objeto de avaliação, cujo resultado culminou no ATEX nº 1045 (*Les Cahiers Techniques du Bâtiment*, 2005, *annuel n°1*, p. 70 -71).

3.2.2.4 CPTs – Caderno de Prescrições Técnicas (*Cahier des Prescriptions Techniques*)

Os CPTs, conhecidos como Cadernos do CSTB, são documentos que também registram as boas práticas de um método construtivo considerado não tradicional (inovador), isto é, apresentam diretrizes técnicas para desenvolvimento de projetos de um grupo específico de produtos ou procedimentos (família de produtos). Esses CPTs são referenciais técnicos que direcionam o desenvolvimento do projeto de certo produto “inovador”, bem como a sua execução. Eles são utilizados como referência no sistema de avaliação ATEC (*Avis Technique*). Por exemplo, o AT 2/02 – 937 (2003), que é um atestado de avaliação de um revestimento não aderido constituído de placas de resinas acrílicas estruturadas com perfis metálicos (ossatura metálica), faz referência ao CSTB - CPT - 3194 (2000)⁴¹, por ser um documento que fornece diretrizes gerais sobre a fixação das ossaturas metálicas na estrutura suporte do edifício.

3.2.3 Certificação de produtos

Segundo o Código de consumo (*Code de la Consommation – Article L.115-27*), uma certificação de produtos ou serviços é aquela na qual um organismo, diferente do fabricante, importador, vendedor ou outro que tenha interesse na comercialização do produto, atesta que um produto ou serviço está conforme as características descritas em documentos técnicos e que são submetidos a procedimentos de controle regulares. Ainda segundo este Código (*Article L.115-28*), os únicos organismos que podem fazer a certificação de produtos são os organismos acreditados, ou aqueles que depositam às autoridades jurídicas uma declaração de suas atividades, que contenha todas as informações necessárias que provem sua imparcialidade e competência na área.

A certificação de um produto gera confiança ao comprador, ao projetista e ao construtor, e promove o produto. Algumas das principais marcas de certificação de produtos de

⁴¹ *Cahier du CSTB 3194/2000 (Conditions générales de conception et de mise en œuvre de l’ossature métallique et l’isolation thermique des bardages rapportés faisant l’objet d’un Avis Technique).*

construção na França são: NF, CSTBat, ACERMI, SNIJF, UPEC, CEKAL, etc. Geralmente, cada uma dessas marcas é bastante conhecida pelo setor, pois se refere a um grupo de produtos específicos; por exemplo, o SNIJF certifica produtos utilizados em juntas de elementos de fachada.

Cabe ainda observar que, em função das regras de comércio da Comunidade Européia, os produtos da construção (materiais, componentes ou elementos) a serem comercializados no mercado comum europeu devem apresentar a “marca CE”. Para tanto, esse produto deve atender somente às exigências essenciais definidas nas diretivas européias.

A marca européia “CE” começou a ser efetivamente aplicada sobre os produtos de construção em 1998, e representa um atestado de atendimento aos requisitos essenciais previstos pela Diretiva Européia; porém, não substitui a certificação da qualidade dos produtos (NOSSENT, 1998 e *Directive des Produits de Construction* – DPC, 2007⁴²). Isso porque as exigências para que um produto tenha um certificado, por exemplo, CSTBat, são mais rigorosas, pois as certificações visam atestar o desempenho superior do produto. Além disso, a marca “CE” é obrigatória, e as outras certificações são voluntárias.

Entretanto, quando um produto de construção ainda não tem normas européias nem normas nacionais reconhecidas (produto “inovador”), este, antes de ser comercializado, deve passar por um processo especial de avaliação técnica (ATE – Aprovação Técnica Européia), cujo conceito é similar ao *Avis Technique* (ATEC), sendo também, na França, elaborado por um grupo técnico gerenciado pelo CSTB.

Observa-se que as diretrizes européias (diretrizes e seus documentos interpretativos) buscam incorporar a questão do desenvolvimento sustentável nas exigências de qualidade dos produtos. Dessa forma, além da questão da durabilidade, os produtos de construção devem satisfazer a seis exigências essenciais: resistência mecânica e estabilidade; segurança ao fogo; salubridade (higiene, saúde e ambiente), segurança na utilização, proteção contra ruídos e economia de energia (*Cahier du CSTB 2704*, 1994).

⁴² Informações disponíveis em <http://www.dpcnet.org>, acesso outubro de 2007).

Portanto, na França, a grande maioria dos produtos de construção tem alguma atestação de qualidade, pelo menos da marca “CE”, o que garante ao projetista, cliente, construtor e usuário, a segurança de estar adquirindo um produto que tenha uma qualidade mínima comprovada.

Ao comparar os textos técnicos “oficiais” brasileiros com os franceses, observa-se:

- No Brasil existe uma diversidade de textos técnicos que auxiliam a concepção, execução e controle dos produtos da construção; porém, textos técnicos “oficiais”, que sejam reconhecidos e efetivamente aplicados pelo setor a nível nacional, são poucos. Consideram-se como textos técnicos reconhecidos, relativos aos produtos da construção, as normas técnicas e, atualmente, as classificações de conformidade de produtos do Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos – SIMAC – do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).
- O sistema normativo brasileiro é gerido pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), fundada em 1940. A elaboração das normas é realizada por subgrupos dentro do comitê da construção. Grande parte das normas técnicas brasileiras prescreve características, métodos de avaliação e regras de cálculo de produto; dificilmente encontrar-se-ão normas que direcionam as boas práticas de execução, como as normas DTUs. Além disso, a norma brasileira passa por um período de consulta pública, mas que não é publicada em caráter experimental como na França, o que, muitas vezes, provoca dificuldades na aplicação efetiva da norma, por não estar alinhada aos procedimentos e hábitos do mercado de trabalho.
- O SIMAC do PBQP-H busca classificar os materiais e componentes com relação à sua conformidade com as normas técnicas (informações disponíveis no site <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/index.php>). Pode-se dizer que alguns contratos públicos, especialmente de construção de habitações populares, tentam exigir a utilização de produtos que sejam classificados como “conformes” pelo SIMAC -PBQP-

H; porém, ainda poucos grupos de materiais e componentes fazem parte desse sistema de avaliação de conformidade. Atualmente, vinte e seis grupos de produtos integram o SIMAC⁴³, o que é relativamente pouco se comparado à gama de produtos de construção comercializados no Brasil.

- o Com relação à avaliação de produtos inovadores, o PBQP-H, buscando incentivar o emprego consciente de produtos inovadores e homogeneizar seus métodos de avaliação, junto com associações de classe, universidades e institutos de pesquisa, elaborou o SINAT (Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores), que objetiva que os “produtos inovadores” passem por um processo de avaliação técnica similar ao ATEC.

Diferentemente da França, a aplicação das normas técnicas brasileiras não é voluntária, sendo obrigatória especialmente quando integra atos administrativos (contratos). Meirelles (1990) expõe que *“a partir do Código de Defesa do Consumidor de 1990, as normas técnicas, tão logo sejam enunciadas pelos órgãos e entidades competentes, convertem-se em normas legais da construção, de aplicação compulsória para todos os que se dedicam a construção civil”*.

Entretanto, apesar das normas técnicas serem compulsórias no Brasil, elas são pouco empregadas e seguidas, em razão de alguns fatores: os contratos públicos não explicitam a obrigatoriedade de aplicação das normas; o seguro-construção, quando existe, não tem força para impulsionar a aplicação das normas, até porque não é obrigatório; muitas normas técnicas desatualizadas e carência de profissionais que auxiliem tanto na elaboração das normas quanto na sua aplicação.

Resumidamente, conclui-se que os textos técnicos na França, apesar de não serem de aplicação obrigatória, são reconhecidos por legislações e suas aplicações largamente difundidas e absorvidas pelo setor. Além disso, grande parte dos produtos ou procedimentos

⁴³ Os grupos de produtos integram PSQs (Programas Setoriais da Qualidade), que são uma das atividades/programas desenvolvidos no âmbito do SIMAC.

“inovadores” a serem produzidos e aplicados, dispõe de um caderno ou manual de diretrizes técnicas, como os CPT (*Cahier des Prescriptions Techniques*), que direcionam o desenvolvimento de seus projetos, bem como sua posterior avaliação. No Brasil, esses cadernos de diretrizes serão elaborados no âmbito do SINAT - PBQP-H.

3.3 LEGISLAÇÕES E NORMALIZAÇÕES TÉCNICAS: GARANTIA, PROJETO E DESEMPENHO

A legislação e o sistema normativo francês são amplos, especialmente com relação ao setor da construção civil. Portanto, pretende-se analisar como as legislações e ou normalizações tratam de assuntos que apresentam interface direta com o objeto desta tese, quais sejam:

- responsabilidades, garantia e seguro-construção;
- construção nova, reabilitação e renovação de empreendimentos e suas partes;
- processo de projeto e seus agentes;
- exigência de desempenho;
- fachadas leves.

3.3.1 Responsabilidades, Garantia e seguro-construção

As legislações pertinentes ao assunto deste item estabelecem que todos os agentes responsáveis diretamente pela concepção, execução, controle e promoção de um empreendimento são considerados responsáveis civis por qualquer dano que comprometa a estabilidade ou o desempenho das fundações, estrutura, vedações e cobertura, bem como o uso de qualquer equipamento ligado a essas partes do edifício, durante dez anos, a partir da recepção da obra⁴⁴ pelo empreendedor. As outras partes da construção, bem como os outros equipamentos, devem apresentar bom funcionamento por um período mínimo de dois anos (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L111 -*

⁴⁴ Recepção da obra é a etapa na qual o empreendedor declara aceitar a obra, ou parte dela, com ou sem reservas. A data da recepção da obra é o ponto que marca o início de validade das garantias (BLOCH, 1991).

13/14/16, 2007).

Além disso, o construtor (ou construtores) deve se responsabilizar por um serviço até um ano após sua entrega, período no qual qualquer problema assinalado pelo empreendedor deve ser reparado pelo construtor (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L111-19, 2007*).

Segundo Bloch (1991), a responsabilidade decenal aplica-se a quatro categorias de agentes: aos promotores do imóvel (incorporadores e vendedores), aos agentes ligados ao empreendedor por contrato e responsáveis pela concepção e execução do empreendimento (arquitetos, coordenadores de projeto e de obra, engenheiros especializados, construtores etc.), aos controladores técnicos, responsáveis pela prevenção de dificuldades e riscos na execução da obra, e aos construtores e subcontratados responsáveis pela execução da obra. Portanto, todos os agentes que têm responsabilidade decenal pela obra devem ser obrigatoriamente cobertos por um seguro-construção (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L111-28*). A apólice de cada agente depende do valor do seu contrato em comparação com o valor global da produção do empreendimento.

O seguro-construção, após a Lei nº 78-12, de 04/01/1978 (Lei “*Spinetta*”), é obrigatório para todos os agentes que possuem responsabilidade decenal pela obra, seja ela construção, reabilitação ou renovação.

O valor das apólices baseia-se na avaliação do cumprimento, total ou parcial, das legislações, normalizações e documentos técnicos de referência. Por exemplo, um produto ainda não normalizado exige procedimentos especiais de avaliação de desempenho (como os ATEC ou ATE), e pode significar apólices mais caras para quem o utilizar.

Segundo Melhado (2001), o sistema de seguros não apenas auxilia na delimitação responsabilidades, mas ainda serve como estímulo à evolução do setor, incentivando as melhores práticas através de apólices mais baratas, e gera uma fonte importante de dados acerca de problemas ocorridos em obras já realizadas. Esse autor observa ainda que os riscos econômicos inerentes à atividade ficam cobertos, o que garante uma agilização dos processos de indenização em caso de sinistro, ou seja, o objetivo principal é que as seguradoras indenizem rapidamente os prejudicados, antes mesmo de se discutir a repartição de responsabilidades entre os agentes envolvidos. A apólice de seguro garante

uma cobertura de dez anos⁴⁵, contados a partir da recepção da obra, e o prazo máximo para indenização é de 135 dias após a comunicação do sinistro.

3.3.2 Construção nova, reabilitação e renovação de empreendimentos e suas partes

A construção nova, reabilitação ou renovação tem um aspecto em comum no que diz respeito à obrigatoriedade de solicitar a permissão de construir para a prefeitura local. Além disso, existe a obrigatoriedade de que o arquiteto seja o elaborador do projeto que integra o dossiê de solicitação dessa permissão (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L111-1/2, 2007*).

Com relação à reabilitação e renovação dos imóveis, pode-se dizer que duas legislações impulsionam esse mercado: a primeira é a legislação sobre o “*ravalement des immeubles*”, a qual obriga a conservação das fachadas e a realização de trabalhos de conservação e restauração sobre as mesmas, no mínimo, a cada dez anos. Por enquanto, essa lei é válida somente para Paris e para algumas outras cidades, cujos nomes encontram-se numa lista oficial (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L132-1, 2007*).

A segunda legislação é aquela sobre “*batiments menaçant ruine ou insalubres*” (edifícios ameaçados de ruína ou insalubres), que coloca toda a responsabilidade relacionada ao estado de conservação do imóvel sobre o proprietário, e dá direito às autoridades locais de exigirem a realização de reparos ou demolição do edifício ou de parte dele (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L511-1, 2007*).

Entretanto, existem certas limitações impostas aos projetos de reabilitação e renovação, especialmente no que diz respeito a alterações arquitetônicas, tecnológicas e de uso desse empreendimento. Além disso, se um edifício apresenta alguma importância histórica para a região, uma proposta preliminar (plano de conservação) do seu projeto de reabilitação, ou

⁴⁵ A garantia decenal se aplica aos elementos que compõem as fundações, as estruturas, as vedações e as coberturas. Para os demais elementos da construção, há uma garantia de “bom funcionamento”, de dois anos (*Code de la construction et de l'habitation française – article L-111-16, 2007*).

renovação, deve ser submetida à aprovação por um conselho municipal, segundo orientações do Code d'Urbanisme Français – *article* R313-11 - édition 2006.

Observa-se ainda que, de modo geral, para os casos de renovação ou reabilitação de edifícios, os países europeus têm tratado a questão da segurança ao fogo de maneiras alternativas, com o objetivo de viabilizar tais operações. Essas maneiras “alternativas” vêm sendo denominadas de “engenharia de incêndio”, ou seja, estudos que consideram a estabilidade global do edifício em situações de incêndio e introduzem soluções alternativas compensatórias, como, por exemplo, a não proteção de alguns elementos metálicos e a compensação dessa carência por meio do aumento do número de chuveiros automáticos (CECM 82, 1995).

3.3.3 Processo de projeto e seus agentes

O processo de produção de um empreendimento francês, bem como o desenvolvimento de seus projetos, tem suas fases e etapas bem definidas pelo setor, conforme mostram os artigos (ARMAND, RAFFESTIN, 1993; MILAGRES, 2001; HUTTER, 2003), assunto a ser melhor detalhado no item 3.4.2. Além disso, a obrigatoriedade, ou não, da existência dos agentes que participam do processo de produção do empreendimento, bem como suas funções, são definidas por legislações. Dessa forma, distinguem-se dois grupos de agentes que são definidos pelas legislações: o grupo principal e o de assessoramento.

As responsabilidades do grupo principal, aquele responsável pela execução de cada uma das fases e etapas do empreendimento, são definidas na Lei “MOP” (Lei nº 85-704, de 12/07/1985, e seu Decreto nº 93-1268, de 29/11/1993), ou seja, essa lei regulamenta as atribuições dos agentes de concepção, execução e de coordenação do projeto e da obra, subdividindo-as para três agentes principais:

- o empreendedor e seus assistentes (*maîtrise d'ouvrage*) são os responsáveis financeiros e jurídicos do empreendimento;
- a *maîtrise d'oeuvre*, conjunto de profissionais responsáveis pelo estudo, concepção, assistência à contratação de empresas construtoras e pela organização e coordenação da execução das obras. Atualmente, a partir da implantação da Lei MOP, quatro tipos de profissionais integram a *maîtrise d'oeuvre*: os arquitetos, os economistas, os projetistas especialistas e o coordenador de execução das obras

(*ordonnancement, coordination et pilotage – OPC*) (Ministère du travail, 2007⁴⁶; CASTAN, 2005); e

- o as empresas, conjunto de construtoras ou subcontratadas responsáveis pela execução dos serviços.

Os agentes, cuja função é assessorar os profissionais do grupo principal, e cuja obrigatoriedade e responsabilidade são explicitadas por leis e decretos, são o controlador técnico e o coordenador de segurança. Cabe observar que o controlador técnico também tem parte nas responsabilidades decenais, segundo o *Code de la Construction et de la Habitation*. Ressalta-se também que as atividades de desenvolvimento e coordenação de projetos, execução ou coordenação de obras não podem ser, de maneira alguma, exercidas pelo controlador técnico (*CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L 111-23, 2007; Code du travail, Article L. 235-1 a 4*).

As responsabilidades e ligações entre cada um desses agentes serão melhor descritas no item 3.4.1.

3.3.4 Exigências de Desempenho

O mais interessante com relação às exigências de desempenho de edifícios na França é que são exigências que constam em textos oficiais, como decretos e *arrêtés*, por isso são de aplicação obrigatória. Dos sete requisitos de desempenho tratados no Capítulo 2 (segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade à água e ao ar, conforto térmico e eficiência energética, isolamento acústico, durabilidade e manutenibilidade), pode-se dizer que quatro integram textos legislativos específicos e os outros estão subentendidos como obrigatórios, pois quando se explicita a garantia decenal de uma vedação, subentende-se que ela deve ter desempenho adequado, por exemplo, com relação à estanqueidade à água por um período mínimo de dez anos.

⁴⁶ *Ministère du travail des relations sociales et de la solidarité*. Informação disponível em: http://www.travail.gouv.fr/publications/CEP/maitrise_oeuvre/maitrise.html, acesso 03/09/2007.

A obrigatoriedade da segurança estrutural está explícita no Código Civil e no Código de Construção quando estes tratam de garantias e responsabilidades dos agentes de construção.

Com relação à segurança contra incêndio, duas legislações tratam do assunto: uma de edifícios baixos (*arrêté du 25 juin 1980*) e outra de edifícios altos (*arrêté du 18 octobre 1977*). Consideram-se edifícios altos aqueles cuja altura (h) é maior que 50,0m (no caso de edifícios residenciais) ou $h > 28,0\text{m}$ (no caso edifícios não residenciais). Além disso, os edifícios de grande altura não podem obter permissão para construir caso a construção ou os trabalhos projetados não estejam conforme as regras de segurança contra incêndio estabelecidas pelos respectivos decretos e *arrêts*.

A questão do desempenho acústico é tratada por duas legislações: o *arrêté* de 30 de junho de 1999 (a primeira legislação que tratava de isolamento acústico imposta aos construtores data de 1969), o qual regulamenta os níveis de ruídos aceitáveis dentro de uma habitação, bem como os índices de isolamento contra ruídos externos; e o Decreto 95-20/22, de 09 de junho de 1995, que regulamenta índices de ruído máximos para edifícios destinados à tratamentos de saúde, ensino e hotéis. Quanto aos escritórios, cabe ao empreendedor ditar as exigências de isolamento acústico. Cabe ainda observar que tais textos são destinados à construção nova e às partes novas (ampliação) de imóveis (MEISSER, 2005; VENET, 2000).

Com relação ao desempenho térmico e à eficiência energética, têm-se a Legislação térmica de 2000 – RT 2000 (Decreto nº 2000-1153, de 29/11/2000), atualizada evolutivamente para a RT 2005 (Decreto nº 2006-592, de 24/05/2006, e *Arrêté* de 24/05/2006), a qual estabelece as características térmicas mínimas dos elementos de vedação externa (fachada) do edifício, e também o consumo máximo de energia de referência para aquele edifício. A legislação térmica se aplica atualmente à construção nova e às partes novas da construção, ou seja, no caso de ampliações, os elementos construtivos devem respeitar às exigências estabelecidas na RT 2005.

Para empreendimentos de renovação ou reabilitação, existe uma legislação (Decreto nº 2007-363 – *du 19 mars 2007*) que estabelece que os projetos de renovação de edifícios cujas áreas em projeção são maiores que 1.000m^2 , devem prever melhoramentos com relação ao desempenho térmico, atuando principalmente sobre os elementos construtivos

das fachadas, sobre o sistema de aquecimento e ventilação e sobre a produção de energias renováveis (*MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES* – Decreto nº 2007-363 – du 19 mars 2007).

Observa-se que as legislações francesas que tratam do conforto térmico e da eficiência energética de um edifício tendem a tornarem-se mais rígidas, isso porque a França traçou metas ambiciosas com relação à emissão de gás carbônico (CO₂)⁴⁷, objetivando que a emissão de CO₂ em 2010 seja igual a de 1990. Assim sendo, espera-se que em 2010 o consumo de energia caia p/ 70kwh/m², pois, atualmente, o consumo médio anual é da ordem de 400Kwh/m², 330 residencial e 550 terciário (*MINISTÈRE DU LOGEMENT ET DE LA VILLE*, 2006).

Além disso, a Lei nº 2055-781 explicita que a meta é dividir por quatro a emissão de CO₂ de 2005 a 2050. Dessa forma, diversas medidas legislativas foram criadas para melhorar o desempenho energético dos edifícios, como por exemplo:

- a Lei nº 2004-1343, de 9/12/2004, que obriga a realização de diagnóstico de desempenho energético da construção, à venda ou à locação. Segundo o *Code de la construction e de l'habitation - Article L134-1* (2007), o diagnóstico de desempenho energético de um edifício é um documento que mostra a quantidade de energia efetivamente consumida, ou estimada, para uma utilização padrão, e classifica esse edifício em função de valores de referência de consumo de energia, isso para que o consumidor possa comparar e avaliar tal consumo. Quando o imóvel está à venda ou para locação, o proprietário deve ter o diagnóstico à disposição do eventual aquisitor do imóvel. Observa-se que o cálculo de energia estimada depende, entre outros fatores, das características dos elementos de fachada.
- a lei de 13/07/2005, que fixa as exigências e a obrigação de um estudo técnico que

⁴⁷ Existe uma ligação direta entre a emissão de gás carbônico (CO₂), um dos gases geradores do efeito estufa, e o consumo de energia primária (o setor da construção francesa consome cerca de 40% do total da energia gerada por ano; como consequência, emite cerca de 2,0 toneladas de Co2/hab/ano) (Artigo do *Ministère du logement et de la ville* de 29/05/06, disponível em <http://www.logement.gouv.fr>).

avalia as diversas alternativas para economizar energia, bem como fontes de energia renováveis. Introduce também exigências de características térmicas mínimas para a reabilitação de edifícios.

3.3.5 Fachadas leves

Segundo Fontan (1990), as fachadas leves foram, principalmente entre os anos de 1960 e 1980, bastante empregadas no mercado de construção francesa. Entretanto, alguns problemas surgiram, em razão, especialmente, da ausência de documentos de referência técnica que pudessem direcionar o projeto, a execução e a manutenção dessas tecnologias, de forma a garantir-lhes uma qualidade mínima. Por isso, a partir de 1980, as fachadas leves, aplicadas tanto em construções quanto em renovações, passaram a ser objeto de pesquisas que levaram à publicação de CPTs – Cadernos de Prescrições Técnicas (*Cahiers du CSTB*), de *Avis Technique* (ATEC), posteriormente de DTUs e, atualmente, de normas técnicas francesas e européias. A Tabela 27 mostra os principais textos técnicos que balizam tecnicamente a concepção, execução e manutenção das fachadas leves.

Tabela 27 – Textos técnicos franceses sobre fachadas leves

Nº : data	Título	Objetivo do documento
CSTB CPT 2383: 1990	<i>Etudes et recherche: façade légère à ossature en bois ou en acier: principes de conception</i>	apresentar parâmetros para desenvolvimento de projetos de fachadas leves com estrutura secundária metálica ou em madeira
CSTB CPT 3075: 1998	<i>Éléments de remplissage de façade légère faisant l'objet d'un Avis Technique: conditions générales de mise en œuvre</i>	apresentar as condições gerais para aplicação dos componentes de fachadas leve em obra
CSTB CPT 3488:2003	<i>Vitrage extérieur collée – VEC: cahier des prescriptions techniques</i>	apresentar algumas recomendações técnicas para concepção, fabricação e aplicação em obra de fachadas cuja vedação é feita com painéis de vidro colado à estrutura secundária metálica
CSTB CPT 3575:2006	<i>Vitrage extérieur attachées – VEA: cahier des prescriptions techniques: conditions générales de conception, fabrication et de mise en œuvre</i>	apresentar algumas recomendações técnicas para concepção, fabricação e aplicação em obra de fachadas cuja vedação é feita com painéis de vidro fixados mecanicamente à estrutura secundária metálica
CSTB CPT 3450: 2003	<i>Exigences applicables à façade légère à ossature en bois et en métal comportant en revêtement extérieur une peau de bardage</i>	apresentar algumas exigências com relação às fachadas leves, quando apresentarem uma camada de revestimento não aderido

AFNOR NF P 28 001:1990	<i>Façade légère: Définitions – Classifications – Terminologie</i>	estabelecer as definições e classificações das fachadas leves
AFNOR XP P 28 004:1995	<i>Façade légère – Façade rideaux – Façade semi-rideaux, façade panneaux: Performance de l'ouvrage fini</i>	estabelecer os requisitos de desempenho que as fachadas leves, sejam fachadas-cortina, semicortina ou fachadas entre pavimentos, devem apresentar

Ao analisar a tabela anterior, nota-se que o conteúdo dos documentos técnicos que balizam a produção de fachadas leves é amplo e consideram, entre outros, a qualidade dos componentes e também do elemento acabado, uma vez que ditam os requisitos de desempenho mínimos que a fachada deve apresentar, além de estabelecerem recomendações quanto à definição e execução do produto.

Com relação às legislações e normalizações brasileiras comparadas às francesas, no que diz respeito às responsabilidades, à garantia e seguro-construção; à construção nova, reabilitação e renovação de empreendimentos; ao desempenho do edifício; e às fachadas leves, fazem-se as seguintes observações:

a) Responsabilidades, garantia e seguro-construção

As responsabilidades e garantias da construção brasileira são estabelecidas no Código de Defesa do Consumidor e no Código Civil, diferenciando-se dois tipos principais de responsabilidades: a responsabilidade pela perfeição da obra e a responsabilidade pela solidez e segurança da obra.

A responsabilidade pela perfeição da obra é o primeiro dever de qualquer agente ligado ao processo de construção, pois este não pode aplicar material inadequado ou insuficiente, nem relegar a técnica apropriada para a obra contratada, nem infringir a legislação pertinente; fundamentado nesse dever de perfeição, o Código Civil autoriza quem encomendou a obra a rejeitá-la quando defeituosa, e o Código do Consumidor regula a responsabilidade pelas falhas construtivas (Meirelles, 1990). O prazo de prescrição de responsabilidade por falhas não relacionadas à segurança e solidez da obra é de cinco anos, contados a partir da entrega da obra, desde que reclamado dentro de 90 dias a partir da sua constatação (art. 26, Código Defesa do Consumidor).

A responsabilidade dos agentes de execução pela solidez e segurança da obra, seja particular ou pública, é de natureza legal, pois está imposta no Código Civil. O prazo quinquenal dessa responsabilidade é de garantia, e não de prescrição. Segundo Meirelles

(1990), se a falta de solidez e segurança da obra ocorrer após os cinco anos de seu recebimento, a ação contra o construtor e demais participantes do empreendimento subsiste pelo prazo prescricional comum, geralmente de 20 anos. Observa-se que partir do ano de 2010 (início da validade da NBR 15.575) o prazo prescricional deverá estar ligado a VUP – vida útil de projeto do subsistema e seus elementos e componentes.

Acredita-se que o prazo prescricional de cinco anos para falhas outras que não solidez e segurança, é relativamente curto comparado à vida útil a ser projetada para a construção, visto que tais falhas podem afetar a habitabilidade das edificações. Na França, este prazo é de dez anos.

Com relação às responsabilidades de cada agente, pode-se dizer que, no Brasil, elas não são totalmente explícitas, o que, muitas vezes, gera discordâncias na eventual ocorrência de um processo jurídico. Na França, em função da Lei MOP e também das regras do seguro-construção, o percentual de responsabilidade de cada agente na ocorrência de um sinistro é preliminarmente estabelecido.

Segundo Souza (2001), o **seguro-construção** é um elemento diferenciador entre o Brasil e a França. No Brasil, ainda não se pratica esse tipo de seguro, embora haja iniciativas para debater a viabilidade de sua implementação. Então, os agentes, assim como os usuários, ficam à mercê das decisões judiciais, aguardando resultados de processos, os quais são lentamente analisados. Não existe, como na França, um sistema de seguro que permita o estímulo à evolução da qualidade técnica do produto, em que o setor é pressionado para melhorar o seu desempenho, tendo como retorno de seus esforços a redução no valor das apólices.

b) Construção, renovação e reabilitação

O projeto e a construção de obras novas ou obras de manutenção e reforma devem seguir algumas diretrizes estabelecidas nos Códigos de Obras e Edificações e no Código Sanitário. Porém, não existem regras ou concessões especiais para projetos de reforma, nem a preocupação, pelo menos em grande parte dos casos, de construções que datam da metade do século vinte, de manter as características arquitetônicas da construção, a qual pode ser um marco histórico importante para a cidade, exceção feita a algumas áreas

centrais de grandes cidades brasileiras, como São Paulo.

c) Exigências de Desempenho

Expõe-se ainda que, na França, exigências mínimas de segurança ao fogo, desempenho acústico e desempenho térmico são definidas em legislações; por isso, são exigências legais. No Brasil, existe, desde 2001, uma legislação do Estado de São Paulo que estabelece diretrizes para que o edifício apresente segurança ao fogo (Decreto Estadual SP 46076/2001 – IT08/01 e suas nove instruções técnicas). Essa legislação está, aos poucos, sendo adotada e, eventualmente, adaptada para outros Estados. Porém, legislações que tratam de desempenho acústico e térmico para edifícios comerciais ainda não existem. Foi publicado recentemente um conjunto de normas de desempenho de edifícios habitacionais de até 05 pavimentos (ABNT, NBR 15.575:2008, partes 1 a 6), que, apesar de ser direcionado para habitação, servirá de base para o desenvolvimento de projetos de outros tipos de edifícios. Observa-se que essas exigências de desempenho de edifícios habitacionais brasileiros, mesmo tratando-se de normas técnicas e não de legislações, convertem-se em normas legais da construção, uma vez enunciadas pelos órgãos e entidades competentes.

d) Fachadas leves

No que diz respeito à existência de documentos técnicos e normalização de fachadas leves, pode-se dizer que, no Brasil, existe um conjunto de normas técnicas destinadas para caixilhos e fachadas envidraçadas (ABNT NBR 10821, 2000), que tratam das características do produto e do desempenho do elemento. Existem também algumas normas que tratam das características dos componentes de vedação (fechamento) das fachadas, tais como as normas de placas cimentícias (ABNT NBR 15498, 2007). Entretanto, ainda não existe um conjunto de normas, nem manuais ou documentos técnicos de referência, que definam e prescrevam diretrizes gerais para desenvolvimento de projetos e obras de fachadas leves, como existe na França e, atualmente, na Europa.

3.4 GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO

A partir da definição exposta por Melhado *et. al* (2005) de que gestão do processo de projeto

é um conjunto coordenado de ações direcionadas para a qualidade final do projeto e dos seus produtos, entende-se que todas as atividades ligadas ao processo de projeto integram sua gestão. Por isso, em razão da complexidade do tema “gestão de projetos”, definem-se os assuntos a serem discutidos neste capítulo em função das suas interfaces com o objeto desta tese: a configuração dos agentes do processo de produção do empreendimento; as etapas do processo de projeto e seus respectivos conteúdos e produtos; a verificação e controle dos projetos; e o projeto de fachadas.

Um ponto importante a ressaltar, que interfere na gestão de projetos e na gestão da execução de obras na França, refere-se à configuração das atividades de projeto e de execução das obras, pois geralmente as construções na França são divididas em partes, denominadas de “lotes”. Tais lotes praticamente coincidem com os subsistemas do edifício. Normalmente, a partir da etapa dos anteprojetos, as atividades de projetos e seus produtos são desenvolvidas separadamente, em função dos lotes, e, posteriormente, integradas, quando as atividades de compatibilização entre projetos e de análise das interface de execução forem realizadas.

3.4.1 Os principais agentes do processo e suas responsabilidades

Conforme descrito anteriormente no item 3.3.3, três grupos são os principais responsáveis pela produção do empreendimento francês: o empreendedor (*maître d’ouvrage*), a *maîtrise d’oeuvre* e as construtoras, além dos agentes que assessoram esses grupos: o coordenador técnico e o coordenador de segurança. A Figura 26 ilustra uma das configurações possíveis da relação contratual e funcional entre tais agentes.

O empreendedor (*maître d’ouvrage*) é o responsável financeiro e jurídico do empreendimento. Ele também tem a função de elaborar, com o apoio do arquiteto (*maître d’oeuvre*) e, eventualmente, das empresas construtoras, os contratos de trabalho para as etapas de detalhamento de projetos e da execução de obras. Cabe também ao empreendedor a contratação dos agentes principais e a administração geral do empreendimento. Em alguns casos, o empreendedor assume ainda a gestão da fase de uso do empreendimento. Pode-se dizer que o empreendedor é o único agente que participa das quatro fases de produção do empreendimento (Lei “MOP”, 1985; SOUZA, 2001).

Figura 26 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo de produção de um empreendimento na França

A *maîtrise d'oeuvre* corresponde ao conjunto de profissionais responsáveis pelo estudo, concepção, assistência à contratação de empresas construtoras e pela organização e coordenação da execução das obras. Os profissionais que integram a *maîtrise d'oeuvre* são: os arquitetos, os economistas, os projetistas especialistas e o coordenador de execução das obras (*ordonnancement, coordination et pilotage* – OPC) (MINISTÈRE DU TRAVAIL, 2007; LOI MOP, 1993).

O arquiteto é denominado *maître d'oeuvre* (coordenador de projetos) quando ele é responsável pelo desenvolvimento e coordenação dos projetos, pela coordenação e compatibilização dos projetos para produção na etapa de preparação da execução das obras e pela garantia da execução da obra conforme o projeto aprovado. O arquiteto, como coordenador, participa de quase todas as etapas da produção de um empreendimento, conforme demonstrado na Figura 27.

A missão do coordenador de projetos, segundo Souza (2001), está associada a grandes responsabilidades, que demandam um leque amplo de competências de gestão. Não se trata somente da coordenação de toda a equipe de projetistas e consultores envolvidos nas diversas etapas do projeto, mas também da assistência às principais decisões relativas ao empreendimento (assessoria ao empreendedor), do controle de custos do projeto e da gestão da interface com a execução, envolvendo o relacionamento com as construtoras e com a coordenação da execução de obras.

Segundo Milagres (2001), as atividades do *maître d'oeuvre* (coordenador de projetos) podem ser subdivididas em quatro grupos⁴⁸: desenvolvimento de projetos, assistência ao empreendedor para contratação das empresas construtoras, estudos da execução de obras, e direção e coordenação das atividades de execução de obras; dos quatro grupos, ele pode atuar em um, dois, três ou todos, dependendo do contrato.

O projetista especialista, por exemplo, projetista de fachada, tem a responsabilidade de desenvolver o projeto específico à sua especialidade e zelar pelo cumprimento de todas as suas definições na fase de obras. Esse especialista pode desenvolver o projeto ou atuar como consultor, isso depende da maneira como são contratados (HUTTER, 2003).

Quanto ao economista, ele é responsável pela elaboração dos custos e dos planejamentos físico-financeiros, participando nas fase de projeto e de execução.

O coordenador da execução de obras (OPC) tem a função de direcionar, planejar e coordenar as atividades das construtoras dos lotes. Esta coordenação pode ser feita pelo próprio coordenador de projetos (*maître d'oeuvre*), no caso de obras de pequeno porte. No caso de obras de grande porte, geralmente a contratação do OPC pode ser feita de duas formas: uma construtora principal que contrata e coordena as construtoras responsáveis pela execução das partes da obra (lotes), ou um agente, ou empresa, que é contratado para coordenar as várias construtoras que, por sua vez, são contratadas diretamente pelo empreendedor – *corps d'états séparés* (MINISTÈRE DU TRAVAIL, 2007).

⁴⁸ Atividades melhor detalhadas no item 3.4.2.

As construtoras são responsáveis pelo detalhamento do projeto e pela execução da obra, ou parte dela. Especialmente no caso da construção de edifícios, a empresa construtora principal executa a “obra bruta” (infraestrutura e estrutura) e as construtoras dos lotes, na maior parte das vezes subcontratadas da construtora principal, a “obra fina” (MELHADO, 2001; SOUZA, 2001).

Uma das funções da construtora principal é a de coordenar a execução de obras (OPC), e sua contratação acontece de três formas:

- uma construtora é contratada para coordenar e assumir a obra de forma geral; assim, é responsável pela contratação e coordenação das construtoras dos lotes, como poderá ser observado nos estudos de caso;
- um conjunto de construtoras contratadas pelo empreendedor, que elege uma para atuar como coordenadora da execução das obras; ou
- um contrato é estabelecido pelo empreendedor com cada uma das construtoras, e cada uma possui a responsabilidade pela execução de um ou mais lotes, sendo que a coordenação de tais empresas é feita pelo *maître d’oeuvre* ou pelo próprio empreendedor (*maître d’ouvrage*).

Existem ainda dois outros agentes, cujos objetivos são assessorar o empreendedor e também o *maître d’oeuvre*, e as construtoras: o controlador técnico (CT) e o coordenador de segurança (CSPS).

O controlador técnico tem a função de prevenir os diferentes riscos suscetíveis de ocorrerem durante a execução da obra, geralmente no que diz respeito à segurança estrutural da obra e à segurança das pessoas. Ele atua em três fases do empreendimento: na fase de elaboração do projeto, na qual estuda e discute a concepção adotada, as especificações de materiais, os detalhes de projeto, as interfaces entre serviços, visando o cumprimento das legislações e normas técnicas. Na fase de execução, cabe a ele analisar os resultados dos ensaios realizados, bem como solicitar ensaios específicos à empresa construtora, garantindo o controle da qualidade da obra. Na fase de entrega da obra, ele verifica a conformidade do projeto “*As Built*” e dos memoriais finais (*DOE – dossier d’ouvrage exécuté*) com seus documentos de controle elaborados durante a execução da obra, emitindo um relatório final. Durante o primeiro ano de vida útil do empreendimento, o

controlador técnico fica à disposição do empreendedor, podendo ter sua presença solicitada para a verificação de um problema ocorrido (BLOCH, 1998; SOUZA, 2001; *CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION FRANCAISE, Article L111-23, 2007*).

O coordenador de segurança, por sua vez, participa tanto da fase de projeto quanto da de execução, buscando evitar riscos de saúde e segurança do trabalhador. Nesse sentido, ele atua como consultor na fase de projetos e como controlador na fase de execução, pois fiscaliza e controla se as medidas de segurança adotadas pelas construtoras estão conforme o plano de segurança (PPSPS – *Plan Particulier de Sécurité et Prévention de la Santé*), elaborado por ele próprio. Além disso, o coordenador de segurança deve avaliar se os projetos detalhados e os planejamentos da execução desenvolvidos pelas construtoras estão conforme o plano de segurança da obra – PPSP (*CODE DU TRAVAIL, Article L. 235-1 a 4, 2007*; CHARAVEL, 2002).

3.4.2 As etapas de desenvolvimento do processo de projeto

Com relação ao processo do projeto, expõe-se que geralmente são quatro as principais fases de um empreendimento, mesmo no caso de renovação ou reabilitação: a concepção do produto, o desenvolvimento de projetos, a execução e a entrega da obra, e a gestão do empreendimento.

Segundo MELHADO (1998), essas quatro fases apresentam um caráter universal e são essencialmente as mesmas para a maioria dos empreendimentos de construção de edifícios, independentemente do país; as diferenças concentram-se no interior de cada uma dessas fases, na passagem de uma para outra e na inter-relação entre elas.

A Figura 27 ilustra as fases e etapas do processo de produção de um empreendimento na França, seja ele construção ou renovação, e identifica os principais agentes que, geralmente, participam dessas fases.

Conforme Castan (2005), os objetivos de cada etapa da fase de projeto devem ser definidos caso a caso, dependendo das características do produto – empreendimento. Entretanto, existem alguns objetivos que são comuns e que, geralmente, direcionam o desenvolvimento dessas etapas. Dessa forma, a TABELA 28 descreve de maneira sintética os objetivos de cada etapa de projeto e seus produtos (documentos).

Figura 27 – Etapas do processo de produção de um empreendimento de construção ou reabilitação na França e seus principais agentes (adaptado de Hutter, 2003)

Tabela 28 – Objetivos, conteúdos e produtos das etapas do processo de projeto de um empreendimento de construção na França (LOI MOP, arrêté du 23/12/1993; MILAGRES, 2001; HUTTER, 2003; CASTAN, 2005)

Fase de desenvolvimento de projetos	Etapa	Objetivos/Esopo mínimo de produto e serviço	Produtos
	Estudos Preliminares	<p>formular o produto-edifício segundo as exigências do programa de necessidades (definir preliminarmente o produto a projetar)</p> <p>consolidar a capacidade funcional do produto, especificando as funções técnicas dos diferentes elementos arquitetônicos a serem empregados no produto-edifício</p> <p>avaliar a compatibilidade das funções do empreendimento com o programa de necessidades, além de fazer uma pré-avaliação dos custos, levando em conta algumas das alternativas propostas</p>	esboços de várias alternativas; estudo de viabilidade
Fase de desenvolvimento de projetos	Anteprojeto Preliminar	avaliar as diferentes opções arquitetônicas e selecionar a opção “ótima”	memorial descritivo, explicativo e justificativo; planilha preliminar do custo; conjunto de anteprojetos gráficos: esboços, plantas, cortes, vistas e <i>plan masse</i> (planta da localização do imóvel com relação ao seu entorno)
		precisar a composição geral do empreendimento (incluindo definição de tecnologias construtivas, pré-dimensionamentos estruturais e concepção de sistemas de instalações prediais)	
		propor diretrizes técnicas (esquematizar as exigências de desempenho e qualidade do projeto e da obra)	
		estabelecer um cronograma de execução preliminar	
		antecipar a necessidade, ou não, de dividir o projeto em partes (lotes) e defini-las	
		estimar um custo geral previsto	
	Anteprojeto Definitivo	consolidar a escolha dos elementos e componentes do edifício, em função da compatibilidade com as legislações e normas técnicas pertinentes, especialmente relativas à salubridade e segurança, e com critérios industriais (qualidade do produto) e técnicos (desempenhos esperados)	compatibilização entre projetos; conjunto de anteprojetos gráficos definitivos; conjunto de projetos gráficos e escritos, para solicitar aprovação do projeto e permissão de construir perante as autoridades competentes (projeto legal); planilha preliminar de custo por lotes
		estabelecer estratégia de integração entre os componentes e elementos construtivos	
		identificar as interfaces entre subsistemas, elementos e componentes existentes (interfaces técnicas e operacionais)	
		decompor o custo estimado em lotes	
	Projeto Executivo	detalhar a concepção do produto estudando	conjuntos de projetos

Fase de Preparação da execução e execução de obras		também os principais meios e procedimentos para o projeto ser executado	gráficos detalhados e validados; projeto para produção preliminar memoriais e cadernos de encargos técnicos (CCTP – <i>Cahier des Clauses Techniques Particulières</i>)
		qualificar o produto, ou seja, mostrar que o produto responde as exigências e necessidades anteriormente estabelecidas	
		produzir um documento que defina o produto-edifício, ou parte dele, o qual constituirá uma referência para sua fabricação e aplicação em obra	
	Assistência para contratação de empresas para execução (fornecedores/construtoras)	apoiar o empreendedor a escolher os fornecedores/construtores	Diretriz para chamada de proposta técnica por lote (DCE – <i>Dossier de consultation des entreprises</i>). Esse documento expõe as exigências que devem ser atendidas pelo fornecedor, em termos técnicos, financeiros e administrativos Contrato acertado (fazem parte o CPT e o DCE).
		estabelecer as regras que o fornecedor deve adotar para o empreendimento em questão, no que diz respeito aos meios de produção e controles de aceitação de serviços e de produto (comprovação de qualidade)	
	Preparação da execução de obras	completar e detalhar os projetos executivos, respeitando às definições iniciais do projeto	conjunto de projetos executivos detalhados; projeto para a produção definitivo, incluindo projeto do canteiro de obras; compatibilização e síntese definitiva dos procedimentos; planejamento final da execução e cronogramas físico-financeiros
		finalizar o estudo para a produção e estabelecer o projeto do canteiro de obras	
		analisar interfaces e definir soluções, ou seja, realizar a compatibilização entre os detalhamentos construtivos de cada lote, bem como a síntese dos processos de produção, identificando procedimentos contraditórios e resolvendo interfaces entre equipes	
		definir cronogramas-físicos definitivos	
	Direção e execução dos trabalhos	executar a obra	lotes prontos (obra acabada)
		coordenar as várias atividades e empresas participantes da obra	
Entrega da obra e gestão do empreendimento	Recepção da obra	demonstrar que a obra foi realizada conforme exigências contratuais e atualizar as informações contidas no projeto executivo que tenham sido modificadas durante a execução da obra	memorial construtivo do empreendimento por lotes (DOE – <i>Dossier d'ouvrage exécuté</i> ou “ <i>As Built</i> ”); projeto de manutenção (também pode ser estabelecido por lotes)
		estabelecer projetos e planos de manutenção preventiva e corretiva	

Cabe observar que as etapas de preparação da execução de obras e de recepção de obras,

apesar de não integrarem a fase de projetos propriamente dita, são etapas que validam os projetos: a primeira com relação à concepção, e a segunda, à execução; por isso, são etapas que integram e concluem o processo de projeto.

Caso o empreendimento objeto de estudo fosse de renovação ou reabilitação, a primeira etapa da fase de projetos seria a etapa de diagnóstico (conforme Figura 27), ou seja, uma etapa de estudos preliminares, cujos objetivos são:

- diagnosticar o estado de conservação do imóvel a ser renovado ou reabilitado com relação às normas e legislações vigentes, especialmente de segurança e salubridade;
- realizar um levantamento geométrico e construtivo da situação do imóvel,
- estudar a história do imóvel e avaliar se ele é, ou não, considerado patrimônio histórico e quais as possibilidades existentes com relação às possíveis modificações arquitetônicas;
- analisar o imóvel existente com relação à integração urbana local; e
- analisar a viabilidade do futuro projeto.

A partir da etapa de diagnóstico, as etapas de projeto, ou seja, seus objetivos, conteúdos e produtos, podem ser consideradas similares às de construção nova, observando-se, entretanto, que a etapa de diagnóstico tem papel fundamental no processo de projeto de reabilitação ou renovação de um empreendimento. Caso esta etapa não seja adequadamente desenvolvida, a produção do empreendimento pode ser comprometida, tanto com relação à qualidade técnica quanto com relação à atrasos, aumento de custos, etc.

O diagnóstico, além de ser uma etapa obrigatória no processo de projeto de reabilitação de edifícios na França, possui suas atividades e conteúdos definidos por legislação (Lei MOP), o que contribui para que esta etapa seja executada de forma adequada.

Croitor *et al* (2007) expõem, por meio da apresentação de um estudo de caso francês, que o diagnóstico é a etapa onde os desafios para elaboração de soluções de projeto são identificados e as alternativas propostas analisadas. A viabilidade técnica e econômica de um empreendimento de reabilitação será fruto dessa análise. Portanto, a ausência da etapa de diagnóstico, ou a sua execução de forma inadequada, pode gerar problemas para as

etapas subsequentes de elaboração dos projetos e de execução da obra e, consequentemente, aumento do custo previsto do empreendimento e incertezas quanto à qualidade final da construção.

3.4.3 Avaliação, verificação e controle do projeto

Conforme Melhado *et al.* (2005), predefinir os escopos dos produtos das etapas de projeto é importante pelo aspecto contratual, mas também é fundamental para permitir a coordenação do processo e para servir de base para a criação de mecanismos de avaliação, verificação e controle do projeto. Esses autores expõem ainda que, a cada etapa de projeto, os dados de saída (produtos) devem ser submetidos a um circuito de *verificação* (atividade que faz parte do próprio desenvolvimento do projeto), *análise crítica* (desenvolvida ou contratada pelo cliente) e, por último, *validação* (feita pelo cliente-contratante). Essas três atividades podem ser fontes de retrabalho e modificações.

Entende-se análise crítica como a avaliação do projeto com o objetivo de atender a uma determinada diretriz ou objetivo, seja visando melhorar construtibilidade, racionalizar produção ou cumprir requisitos funcionais e ambientais, entre outros. Portanto, para que uma avaliação do projeto seja eficientemente realizada, os escopos de cada produto, ou seja, o conteúdo de cada produto, deve ser previamente definido. Segundo Franco (1992), “O controle da qualidade do projeto pressupõe a comparação do estado atual ou final do processo com padrões pré-estabelecidos, por isso o controle da qualidade do projeto dita a necessidade de serem estabelecidas especificações que servirão de padrão, segundo as quais o projeto e o edifício serão analisados e controlados”.

Pode-se dizer que, na França, a avaliação do projeto é uma atividade consolidada e difundida, em razão, entre outras, da existência de legislações de desempenho, de normas técnicas e de documentos de referência que estabelecem padrões e exigências, segundo as quais o projeto deve ser desenvolvido e, consequentemente, avaliado. No caso específico de avaliar a conformidade dos projetos com legislações e normas técnicas, o agente responsável é o controlador técnico, que analisa e sugere modificações, ou aprova tal projeto. Com relação, por exemplo, às exigências de segurança do trabalhador, quem faz tal avaliação é o coordenador de segurança, que segue as diretrizes previamente definidas no Plano Particular de Segurança e Saúde do trabalhador, o qual é elaborado nas etapas

iniciais de projeto.

De um modo geral, quem especifica as diretrizes e as exigências do produto (seja ele o produto-projeto ou o produto-edifício), especialmente daquelas que não constam em legislações e normas técnicas, é o empreendedor, com apoio de consultores e/ou assistentes técnicos. Por isso, na grande parte dos empreendimentos, existe um documento denominado de Regras de Gestão de Projetos, no qual escopos e itens de verificação e análise são pré-definidos.

Além disso, para os projetos executivos detalhados, aqueles realizados na etapa de preparação de execução de obras, o CCPT – *Cahier des Clauses Techniques Particulières* (memoriais, especificações e cadernos de encargos) e o DCE – *Dossier de consultation des entreprises* (diretrizes para chamada de proposta técnica por lote) contêm exigências que devem ser consideradas como dados de entrada para elaboração e avaliação de tais projetos, conforme esquematiza a Figura 28.

Figura 28 – Esquema de um circuito de avaliação e validação de projetos na etapa de preparação de execução de obras (exemplo esquematizado pela autora, baseado na análise de conversas com projetistas franceses)

3.4.4 O Projeto de fachadas

Na França, as fachadas, atualmente, têm um papel de destaque no processo de projeto,

isso em função tanto da sua importância econômica (valor agregado que impõem ao empreendimento) quanto técnica (as fachadas têm um papel fundamental no conforto térmico e na eficiência energética). Além disso, existem diversos tipos de tecnologia, cada vez mais complexas, as quais geram a necessidade de estudos e projetos específicos relacionados aos métodos construtivos de fachadas, especialmente daquelas consideradas fachadas leves que, por sua vez, são industrializadas.

Segundo Fontan (2005), os projetos de fachadas na França tendem cada vez mais a incorporar aspectos estéticos (volume, cor, além da incorporação de vidros côncavos, convexos, serigrafados, inserção de componentes decorativos, etc.) e também aspectos técnicos que tornem as fachadas elementos ativos; por exemplo, aquelas cujo aspecto se modifica em função da hora e do tempo, em razão da projeção de luz e do jogo de sombras; ou aquelas que produzem e estocam energia via painéis fotovoltaicos.

Em alguns empreendimentos, em função do seu porte e das diversas tecnologias a serem empregadas nas fachadas, divide-se a concepção e execução desse subsistema em mais de um lote (como será observado nos estudos de caso descritos no Capítulo 4).

O projeto das fachadas pode ser desenvolvido pelos projetistas de arquitetura e integrado às outras disciplinas de projeto desde a etapa dos estudos preliminares até a etapa do projeto executivo, ou podem ser desenvolvidos integrados às outras disciplinas somente nas etapas preliminares de projeto e, posteriormente, em razão da sua complexidade, passam a ser desenvolvidos separadamente, seguindo a mesma divisão dos lotes. Nesses casos, a compatibilização entre projetos é importantíssima, e geralmente ocorre duas vezes: na etapa do anteprojeto definitivo e no final do detalhamento do projeto executivo (conforme Tabela 29).

O projeto de fachadas pode ser desenvolvido pelos arquitetos, com ou sem apoio de especialistas em fachadas (*Bureau d'étude technique de façade – BET façade*), os quais, muitas vezes, iniciam sua participação desde as etapas iniciais de desenvolvimento dos projetos. De toda maneira, os projetos executivos detalhados (aqueles elaborados na etapa de preparação de execução das obras) são feitos pelos respectivos construtores, com a coordenação do *maître d'oeuvre* (coordenador de projetos) e, eventualmente, com supervisão e consultoria dos especialistas em fachadas (*BET – façades*).

No caso de renovação ou reabilitação de empreendimentos, as fachadas devem ser objeto de um estudo histórico, visando identificar datas de construção, estilos arquitetônicos, tecnologias empregadas e projetistas responsáveis, além de verificar se a fachada consta como patrimônio histórico da cidade (*Patrimoine du XX^{ème} siècle*). Existem situações, como a que será apresentada em um dos estudos de caso do Capítulo 4 e a descrita por Croitor *et al* (2007), em que as fachadas dos edifícios não mais apresentam desempenho adequado, devendo ser totalmente renovadas, mas são consideradas como patrimônio histórico; portanto, não podem sofrer grandes alterações nas suas características arquitetônicas. Nessas situações, a solução geralmente encontrada é reprojeter a fachada, empregando tecnologias “inovadoras”, mantendo, entretanto, suas características arquitetônicas. Essas são situações bastante complexas e demandam a participação de todos os agentes que têm alguma interface com a concepção e execução das fachadas desde a etapa de diagnóstico (estudos preliminares), o que resulta num desenvolvimento bastante integrado das atividades de projeto.

Outro aspecto a ser ressaltado com relação às fachadas na França refere-se à questão da tecnologia selecionada para ser empregada em um empreendimento e seus aspectos de manutenabilidade e durabilidade. Isso porque uma tecnologia pode ser descartada caso não seja possível a realização de operações de manutenção, como limpeza e inspeções preventivas, ou caso as operações possíveis sejam economicamente inviáveis. Além disso, o projeto deve prever durabilidade mínima dos componentes e avaliar a possibilidade de realizar eventuais substituições e como fazê-las (projeto e planejamento da manutenção da fachada).

Quanto ao conteúdo, objetivo e produto de cada etapa do projeto, independentemente de serem relativos às fachadas ou não, seguem as diretrizes gerais anteriormente expostas no item 3.4.2. Também como nos projetos de outros subsistemas, a avaliação dos projetos de fachada na França se beneficia das regras previamente estabelecidas em legislações e normas, além de, frequentemente, serem objeto de padrões e exigências mais restritas, as quais são especificadas pelo cliente-empresendedor, como, por exemplo, no caso do cliente requerer uma certificação HQE (*Haute Qualité Environnementale*).

No Brasil, a divisão de responsabilidades e o papel dos agentes no processo de produção

dos empreendimentos são diferentes. Os projetistas brasileiros participam muito menos da fase de execução, e são raras a existência do coordenador da execução de obras e do controlador técnico. Entretanto, como na França, existe um agente responsável pela segurança, o engenheiro e o técnico de segurança do trabalho, cuja participação é exigida por lei em obras de médio e grande porte (NR4, MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1995). Por outro lado, o Brasil conta com a figura do engenheiro residente, responsável por cumprir uma parte das funções que são, na França, dos projetistas e do coordenador da execução de obras. O engenheiro residente permanece, na grande maioria dos casos, tempo integral no canteiro de obras, sendo responsável por atender às exigências técnicas, financeiras e da qualidade da obra. Em empreendimentos de grande porte, existe a figura do coordenador de obras, que apoia o engenheiro residente no desempenho de suas funções. A Figura 29 ilustra as relações entre os principais agentes do empreendimento no Brasil.

Segundo Souza (2001), um grande problema no Brasil refere-se à falta de integração existente, em alguns casos, entre o empreendedor e o construtor e entre os projetistas e as empresas construtoras; problema esse também verificado em dois dos empreendimentos franceses que foram objeto do estudo de casos apresentado no Capítulo 4.

Figura 29 – As relações entre os principais agentes do empreendimento no Brasil (Souza, 2001)

Além disso, a concepção dos projetos, na maioria dos casos, é feita pelo arquiteto, ou outro profissional, o qual considera prioritariamente aspectos estéticos. Dificilmente nessa etapa é

realizada qualquer análise de viabilidade técnica com relação a aspectos de desempenho ou de construtibilidade, o que gera, muitas vezes, conflitos na fase de execução da obra e nas fases de uso e manutenção do empreendimento (MELHADO, 2001; AQUINO, 2006).

Segundo exemplifica Melhado (2001), *“tomada a decisão de empreender, são contratados, em um primeiro momento, os arquitetos, com a incumbência de fazerem a concepção inicial do produto. Nessa etapa, na qual ainda é comum não haver a contratação dos demais projetistas, nem tampouco envolvimento da empresa construtora que será responsável pela execução do empreendimento, muitas decisões são tomadas, condicionando a qualidade que será potencialmente obtida ao final.”*

Outro aspecto a observar refere-se à existência cada vez maior da participação de consultores técnicos, ou projetistas especializados, com funções similares aos engenheiros/projetistas especialistas na França. Entretanto, no Brasil, esses consultores são geralmente contratados quando o produto já foi concebido, tendo, portanto, a função de solucionar um problema tecnológico e não contribuir na concepção do produto. Caso esse consultor participasse desde o início do processo, poderia auxiliar na racionalização das soluções de projeto, ou seja, mobilizar antecipadamente as soluções de concepção, antes de procurar soluções tecnológicas, frequentemente mais onerosas.

Nota-se no processo de produção de alguns empreendimentos brasileiros, conforme anteriormente exposto no Capítulo 1, deficiência na identificação dos agentes que participam do desenvolvimento do projeto, dificultando identificar quem especifica, quem controla e quem aceita um determinado projeto, além de deficiência na atividade de coordenação de projetos, o que geralmente acarreta problemas de interface na fase de execução da obra (MELHADO, 2001; OLIVEIRA, 2005a; AQUINO, 2006).

No que se refere às etapas de projeto e seus conteúdos, pode-se dizer que o processo de projeto francês apresenta algumas características peculiares, além do número de etapas e seus conteúdos serem diferentes do brasileiro. A Tabela 29 faz uma comparação entre as etapas e conteúdos do projeto francês e brasileiro.

Na França, nos projetos de renovação ou reabilitação, por exemplo, preconiza-se que, na etapa de diagnóstico (início da fase de desenvolvimento de projetos), os vários agentes do processo sejam envolvidos, visando que a viabilidade de cada solução seja, desde essa

etapa, analisada. Cabe salientar, conforme exposto anteriormente, que a etapa de diagnóstico é obrigatória.

Observa-se também que, na França, existe uma etapa de estudos para execução, ou seja, as fases de projeto e de obra são interligadas por uma fase intermediária de preparação para execução de obras, que objetiva minimizar os problemas de interação projeto-obra e detalhar os projetos de produto e para a produção. Essa é a etapa onde os construtores realmente podem interferir no projeto, uma vez que o detalhamento construtivo é feito pela empresa-construtora responsável pela execução da obra, ou parte dela. Entretanto, os aspectos relativos à construtibilidade e meios para produção começam a ser levados em conta desde a etapa de anteprojetos, sendo que, na etapa de preparação para execução de obras, os projetos para produção tomam forma definitiva, além de considerarem questões de interface, de canteiro de obras e de segurança e saúde do trabalhador.

No Brasil, segundo Aquino (2005), a contratação do projeto para produção geralmente ocorre após o desenvolvimento dos demais projetos, em uma etapa na qual o projeto para produção quase não pode agregar valor em termos de solução.

Ressalta-se ainda que na França, diferentemente do Brasil, o desenvolvimento do projeto “*As Buil*” (*DOE – Dossîê d’ouvrage executé*) é uma prática corrente, além de fazer parte integrante do documento de recepção e aceitação da obra. Esse documento é especialmente útil no uso do empreendimento e, numa eventual, reabilitação ou renovação do imóvel, pois nele constam dados construtivos que balizarão o desenvolvimento de eventuais projetos de renovação ou reabilitação. OLIVEIRA *et. al* (2006) expõem, por meio da apresentação de um estudo de caso, alguns problemas que ocorrem na etapa de diagnóstico do processo de reabilitação de um edifício, decorrentes da inexistência de projeto “*As Buil*”.

Um ponto diferente entre o Brasil e a França que vale ser ressaltado nessa etapa da recepção da obra diz respeito aos projetos e planos de manutenção, produtos esses raramente encontrados e contratados no processo de produção de um empreendimento no Brasil. Na França, o empreendedor recebe projetos e planos de manutenção preventiva e corretiva, os quais são desenvolvidos em conjunto entre construtores, engenheiros especialistas e coordenador de projetos. Esses projetos e planos podem ser gerais, para todo o empreendimento, ou por lotes.

Dessa forma, ao comparar os objetivos e os conteúdos das etapas do processo de projeto francês e brasileiro, conclui-se, resumidamente, que o conteúdo do projeto francês é mais completo no que diz respeito à definição do produto (especificações de conformidade dos componentes e do desempenho das fachadas), ao planejamento para produção, à análise das interfaces e ao planejamento do uso do empreendimento.

Com relação à avaliação, verificação e controle de projetos, pode-se dizer que, na França, alguns fatores contribuem para que a avaliação do projeto seja feita com qualidade e de maneira formal (como será observado nos estudos apresentados no Capítulo 4), quais sejam: a regulamentação dos conteúdos das etapas de projetos, bem como dos agentes responsáveis por cada uma delas; a existência de documentos de referência (DTUs, normas técnicas, memoriais, etc.); a existência “consolidada” do coordenador de projetos; e a participação do empreendedor na validação do projeto no final de cada etapa do processo.

No Brasil, grande parte do sucesso, ou não, da atividade de análise, verificação e controle dos projetos depende da experiência do empreendedor, incorporador e projetistas, os quais estabelecem, ou não, documentos internos para a gestão dos projetos. Isso se deve, entre outros fatores, à insuficiência de documentos de referência, à não regulamentação do conteúdo do projeto e, muitas vezes, à não existência do coordenador de projetos ou de um agente que tenha como responsabilidade analisar criticamente o projeto.

Observa-se, entretanto, que existem algumas iniciativas do setor para desenvolver documentos que estabeleçam escopos gerais para algumas disciplinas de projetos, visando direcionar a contratação e o controle de projetos, como, por exemplo, o “Manual de escopo de projetos e serviços de arquitetura e urbanismo”, elaborado pela AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura).

No que diz respeito ao projeto de fachadas, distinguem-se no Brasil, geralmente, duas situações: aquelas cujas fachadas são constituídas de elementos pré-fabricados (fachadas em painel de GRC, fachadas envidraçadas, etc.) e aquelas cujas fachadas são executadas empregando métodos construtivos tradicionais, como alvenarias e revestimentos não aderidos.

Tabela 29 – Etapas do processo de produção de um empreendimento de construção ou reabilitação na França e no Brasil

Fases gerais do processo de produção de um empreendimento	França (loi MOP - Arrete du 23/12/1993; Hutter,2003)				Brasil (Melhado <i>et. al</i> , 2005)			
	Etapas		Produto da etapa		Etapas		Produto da etapa	
Concepção	construção nova	reabilitação	construção nova	reabilitação	construção nova	renovação	construção nova	renovação
Projeto	Estudos preliminares	Diagnóstico	esboços	estudo do estado de conservação do edifício	Desenvolvimento do produto	Diagnóstico	estudos preliminares	estudo do estado de conservação do edifício
			proposta de alternativas	estudo das alternativas			proposta de alternativas	estudo das alternativas
			estudo da viabilidade da operação				estudo da viabilidade da operação	
	Anteprojeto	anteprojeto preliminar (APS)		Formalização	anteprojeto			
		anteprojeto definitivo (APD)			projeto legal			
		projeto legal / aprovação do projeto (PC)			projeto basico (projeto pré-executivo)			
		compatibilização dos projetos			compatibilização projetos			
	Projeto Executivo	projeto do produto detalhado e validado		Detalhamento	projeto executivo			
		projeto para produção preliminar			projeto para produção			
		memoriais, especificações e cadernos de encargos (CCTP – <i>Cahier des Clauses Techniques Particulieres</i>)						
Preparação da execução e execução das obras	Assistência para contratação das empresas (ACT)		chamada de propostas para execução das obras					
			edital de concorrência para contratação de empreiteiras					
	Projetos para produção e planejamento da execução		detalhamento construtivo		Planejamento para a execução		plano de ataque	
			compatibilização final dos projetos				simulação de alternativas técnicas e econômicas	
			projetos para produção					
	planejamento da execução							
Direção e execução dos trabalhos		Direção e execução dos trabalhos						
Entrega da obra e gestão do empreendimento	Recepção da obra		assistência para recepção da obra		Recepção da obra		projeto "as-built"	
			projeto "as-built" (DOE)					
			projeto e plano de manutenção preventiva					
	Gestão e manutenção do empreendimento				Gestão e manutenção do empreendimento			

Nas duas situações o projeto detalhado, bem como o projeto para a produção, tem sido cada vez mais delegado a projetistas especializados, outros diferentes do arquiteto de concepção, que apresentam domínio técnico sobre o método construtivo a ser empregado. Conforme Duenas Peñas (2004) e Aquino (2005), os projetos para produção, especialmente de vedações verticais, desenvolvido com o apoio de projetistas especializados, começou a ser praticado com maior intensidade no final da década de 90.

No caso específico das fachadas em elementos pré-fabricados, os próprios fornecedores e instaladores da tecnologia podem desenvolver o detalhamento dos projetos, ou pelo menos, fornecer diretrizes para sua elaboração. Entretanto, na maior parte das vezes, essas diretrizes baseiam-se nas características dos produtos fabricados por eles próprios (dados de catálogos de produtos). Em alguns casos também existe a figura do consultor técnico (especialmente para projetos de fachadas leves em elementos envidraçados ou de alumínio), o qual pode ele próprio fazer o detalhamento do projeto, ou apoiar tecnicamente o arquiteto, ou outro projetista, para fazê-lo.

No entanto, na maior parte das vezes esses profissionais (fornecedores, instaladores e consultores técnicos) iniciam sua participação no processo de projeto quando o produto já foi concebido e validado, o que dificulta o estabelecimento de soluções “ótimas” em termos técnicos (desempenho e construtibilidade do produto) e econômicos.

Cabe também observar a “prática brasileira” de realizar projetos de renovação, ou reabilitação, de fachadas sem o desenvolvimento adequado da etapa de diagnóstico, o que gera problemas para resolver interfaces de projeto e de obra, atrasos do cronograma e comprometimento da qualidade da obra (OLIVEIRA *et al*, 2005b), em razão, entre outros, da pouca experiência do setor neste tipo de obra.

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

O objetivo deste capítulo foi o de mostrar as diferenças entre a França e o Brasil com relação ao processo de projeto, particularizado para o projeto de fachadas. Nesse sentido, conforme apresentado nos itens anteriores, o setor da construção francesa é mais estruturado que o brasileiro, especialmente no que diz respeito à quantidade e qualidade de legislações e normas técnicas que regulamentam o setor. Além disso, em função do seguro-

construção, os empreendedores, projetistas e construtores buscam ao máximo cumprir tais regulamentos, para se assegurarem de eventuais riscos e conseguirem apólices de seguros mais baratas.

Por isso, acredita-se que a diferença fundamental entre os setores da construção dos dois países está na existência e no cumprimento de legislações (textos oficiais) e textos técnicos que direcionam as boas práticas de construção.

No que diz respeito ao projeto de fachadas, ele é uma das partes do processo de projeto; então sua qualidade é consequência da eficiência e eficácia do processo como um todo, além de que seu desenvolvimento beneficia-se do esquema regulamentado do setor. Por exemplo, uma tecnologia de fachada “inovadora”, antes de ser aplicada em obra, será objeto de estudo e análise, buscando adequá-la ao programa de necessidades do empreendimento e garantir seu desempenho técnico mínimo. Além disso, o arquiteto não pode projetar a fachada priorizando aspectos estéticos e relegando aspectos técnicos, como construtibilidade e manutenibilidade, porque, já na etapa de estudos preliminares, os projetistas especialistas e controladores técnicos estarão participando do desenvolvimento do projeto.

Mas, “quais” e “como” algumas das características da construção francesa poderiam ser incorporadas às práticas de mercado brasileiro e também às propostas deste trabalho?

Primeiro, expõe-se que não se acredita que uma das opções seria reformular a legislação brasileira, o que ultrapassa a esfera acadêmica e de mercado. Mesmo porque, acredita-se que algumas exigências, com exceção daquelas relativas à segurança, possam ser resultado de acordos entre clientes e projetistas e depender do programa de necessidades estabelecido para o empreendimento. Nesses casos, seria suficiente a existência de normas técnicas, as quais poderiam direcionar o desenvolvimento dos projetos e das obras para atenderem a determinadas exigências. Nesse sentido, alguns pontos poderiam ser incorporados ao setor da construção brasileira e, pouco a pouco, sua prática difundida, sendo eles:

- desenvolvimento de documentos de referência, ou organização e difusão daqueles já existentes, como manuais e normas técnicas, que contenham padrões mínimos de exigências, os quais contribuiriam para direcionar e melhorar a qualidade do projeto,

da obra e do uso do empreendimento. Nesse caso, as respectivas entidades de classe, após o desenvolvimento, ou organização, e conclusão de tais documentos, teriam a responsabilidade de discuti-los e difundi-los para o setor;

- estabelecimento, na fase de montagem do empreendimento, além do programa de necessidades do produto-empreendimento, o qual inclui também exigência de desempenho, de algumas regras que definem responsabilidades e funções de cada agente participante do processo, bem como padrões mínimos para aceitação de projeto e obra (escopos mínimos de projeto e tolerância de serviço e obras). Tais regras, assim como o programa de necessidades, devem fazer parte do contrato entre empreendedor e outros agentes do processo (projetistas, construtores e outros);
- inclusão de outros projetistas técnicos, além dos arquitetos, nas etapas iniciais de elaboração de projetos, visando otimizar soluções de concepção no lugar de soluções tecnológicas;
- inclusão da etapa de interação projeto-obra (preparação da execução de obras, como propõe Souza, 2001), bem como do coordenador de projetos, além da inclusão do construtor nas etapas de desenvolvimento do detalhamento do produto e do projeto para produção;
- inclusão nos contratos de projetos, do projeto “*As Built*” e do projeto e plano de manutenção, prática essa que pode ser difundida pelas entidades de classe;
- inclusão da etapa de diagnóstico antes da proposição ou desenvolvimento de qualquer projeto de reabilitação ou renovação. Esse aspecto deve ser incansavelmente discutido pela academia, mercado e órgãos públicos que detêm o poder de compra no setor da construção, como Caixa Econômica Federal e CDHU.

Acredita-se que esses pontos são essenciais para a melhoria da qualidade do projeto, da obra e da fase de uso do empreendimento; portanto, eles servirão de exemplo e referência para a elaboração da metodologia para desenvolvimento do processo de projetos de fachadas leves a serem propostas no Capítulo 5 desta tese.

4 SÍNTESE DOS ESTUDOS DE CASO⁴⁹

Neste capítulo, exemplifica-se o processo de projeto de fachadas, na França e no Brasil, por meio da apresentação de seis estudos de caso:

- quatro realizados na França (dois de construção nova e dois de renovação); e
- dois realizados no Brasil (um de construção e um de renovação).

Exemplificam-se também, neste capítulo, outros estudos de caso realizados no Brasil que tiveram métodos e resultados de análises diferentes; por isso, serão descritos como “outros estudos de caso”. O objetivo de apresentá-los é reforçar as similaridades e particularidades entre os estudos no Brasil.

Observa-se que não se pretende generalizar as conclusões obtidas a partir dos estudos de caso; o propósito é ilustrar o tema para que a análise desses estudos sirva como base para a metodologia proposta no Capítulo 5.

As informações coletadas nos estudos de caso referem-se ao processo de projeto, particularizados para o projeto de fachadas, especialmente no que se refere aos temas abordados no Capítulo 3: atribuições dos agentes da produção do empreendimento, etapas do processo de projeto e seus conteúdos, atividades de controle e exigências de desempenho da fachada e dos seus componentes. Além desses temas, serão descritos alguns problemas identificados na fase de execução de obras ocasionados por falhas no processo de projeto ou por problemas na relação entre os agentes.

Conforme anteriormente exposto (item 1.4), escolheu-se acompanhar os casos na fase de projeto e também na fase de execução de obras, para que a eficiência e a qualidade das proposições de projeto pudessem ser analisadas. Mas, em função de problemas de

⁴⁹ Todas as informações, bem como as figuras, tabelas e fotos apresentadas neste capítulo, integram os arquivos da autora desta tese.

cronogramas, nem sempre as obras puderam ser acompanhadas.

Os estudos de caso foram divididos em dois grupos: construção nova e renovação (ou reabilitação). Porém, independentemente dessa divisão, as etapas e atividades estabelecidas para a realização desses estudos foram similares:

- análise dos documentos (projetos gráficos e escritos) da fase de projeto e de execução das obras;
- entrevista com os principais agentes: coordenador de projetos; projetista e/ou consultor de fachadas (quando existia); coordenador de obras e construtor responsável pela execução das fachadas;
- acompanhamento da execução das fachadas em canteiros de obras na França: nos dois estudos de caso de construção nova, a execução das fachadas foi acompanhada por um período de três meses. No terceiro estudo de caso (caso C), as obras não puderam ser acompanhadas, pois já estavam terminadas, mas as entrevistas foram realizadas. No último estudo de caso (caso D), foram feitas visitas esporádicas à obra, mas até o final da estada da autora na França, a execução das fachadas ainda não havia sido iniciada.
- acompanhamento da execução das fachadas em canteiros de obras no Brasil: foram realizados dois estudos de caso, sendo um de renovação e outro de construção. As obras do estudo de renovação não foram acompanhadas, pois, quando o estudo foi iniciado, as obras já haviam terminado.

4.1 EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO NOVA: FRANÇA

4.1.1 Características gerais dos empreendimentos

Estudo de caso A

O empreendimento objeto deste estudo de caso localiza-se na cidade de Montreuil, na região de *Île de France*. O empreendimento foi concebido para abrigar escritórios.

O edifício desse empreendimento possui uma área projetada de 17.840m² e é constituído de nove pavimentos: dois subsolos, um térreo e seis pavimentos-tipo. As fundações e a

estrutura (pilar, viga, laje e paredes) são em elementos de concreto armado. As fachadas são constituídas de placas metálicas, painéis de vidro e placas de rocha, os quais serão detalhados no item 4.1.4. A Figura 30 e Figura 31 ilustram, respectivamente, uma vista e uma planta do edifício.

Figura 30 – Fachada Sul em execução: Estudo de caso A

Figura 31 – Projeção do edifício em planta: Estudo de caso A

Tanto a execução da obra quanto o desenvolvimento dos projetos, a partir do anteprojeto, foram agrupados em lotes, os quais praticamente coincidiam com as especialidades das empresas de construção. O empreendimento objeto deste estudo de caso foi dividido em dezenove lotes (Tabela 30). Para cada um desses lotes havia uma empresa de construção.

Tabela 30 – Descrição dos lotes (estudo de caso A)

Lote nº	Descrição da atividade	Lote nº	Descrição da atividade
1	fundação e estrutura (<i>gros oeuvre</i>)	11	revestimento de piso (duro)
2		12	revestimento de piso (flexível)
3		13	Pintura
4	revestimento de paredes em pedra	14	ventilação e climatização
5	fachadas envidraçadas	15	eletricidade baixa tensão
6	divisórias internas	16	eletricidade alta tensão
7	pisos elevados	17	instalação sanitária
8	forros suspensos	18	equipamentos de cozinha
9	esquadrias metálicas externas	19	Elevadores
10	esquadrias metálicas internas		

Apresenta-se na Figura 32 a relação percentual entre o custo de execução dos lotes de fachadas e os outros lotes. Observa-se que nesse custo estão incluídos a execução da obra e o desenvolvimento de projetos.

Figura 32 – Custo percentual da execução da fachada com relação às outras partes do edifício (caso A)

Estudo de caso B

O empreendimento objeto do estudo de caso B, também projetado para uso de escritórios, localiza-se entres as ruas *Paul Vaillant* e *Quai Compagnon*, as margens do rio Sena, *Ivry, Île de France*.

O edifício desse empreendimento possui uma área projetada de 11.498m², sendo dois níveis de subsolos, um térreo e sete pavimentos-tipo. A fundação e a estrutura, como no caso A, são em elementos de concreto armado. As fachadas são constituídas de placas de vidro, placas metálicas e placas de rocha (detalhamento no item 4.1.4). A Figura 33 ilustra uma das vistas do edifício, e a Figura 34 o esquema da sua projeção em planta.

Figura 33 – Fachada Sul em execução: Estudo de caso B

Figura 34 – Projeção do edifício em planta

Também como no caso A, a execução da obra e o desenvolvimento dos projetos, a partir da etapa de anteprojetos, foram agrupados em dezessete lotes (Tabela 31).

Tabela 31 – Descrição dos lotes (estudo de caso B)

Lote nº	Descrição da atividade	Lote nº	Descrição da atividade
1	fundação e estrutura (<i>gros oeuvre</i>)	10	pisos duros
2	revestimento de fachada	11	forros suspensos
3	impermeabilização	12	Pintura
4	fachadas envidraçadas	13	pisos elevados
5	manutenção de fachadas	14	instalação sanitária
6	divisórias internas	15	ventilação e climatização
7	esquadrias internas	16	eletricidade (baixa e alta tensão)
8	esquadrias externas	17	Elevadores
9	pisos flexíveis		

Para cada lote havia uma construtora. O projeto e a execução das fachadas, também como no caso A, foram divididos em três lotes. Observa-se que, além dos três lotes relacionados à execução das fachadas, foi criado outro lote para tratar de questões relativas à manutenção das fachadas. No caso A, essas atividades foram incluídas no próprio lote de fachadas envidraças, pois o sistema a ser empregado (e projetado) era mais simples que no caso B.

Também como no estudo de caso A, o custo de execução das fachadas foi significativo, aproximadamente 21% do custo total da obra. As paredes de concreto não fazem parte desse valor, pois foram incluídas no lote estrutura.

4.1.2 Gestão do processo de projeto

Estudo de caso A

Os agentes participantes da produção do empreendimento objeto do estudo de caso A coincidem com o que foi exposto no Capítulo 3, isto é: empreendedor, coordenador de projetos, coordenador de segurança, controlador técnico, construtora e projetistas especialistas. Foram contratados cinco tipos de projetistas, visando assessorar o desenvolvimento técnico e o controle do desenvolvimento dos projetos e da execução das obras das seguintes áreas: estrutura, instalações (elétricas, ar condicionado, hidráulica, etc.), acústica, fachada e paisagismo. O projeto de fachada foi contratado diretamente pelo

coordenador de projetos que, nesse caso, era membro da equipe dos projetistas de arquitetura. Os projetos de fachadas foram divididos em três lotes: 4, 5 e 9, sendo que a construtora do lote 5 (fachada envidraçada) foi contratada diretamente pelo empreendedor, e as construtoras dos lotes 4 e 9, contratadas pela construtora principal.

A função de OPC – coordenador de obras – foi exercida pela construtora principal, que era responsável tanto pela contratação quanto pela coordenação das construtoras dos lotes. A Figura 35 representa a relação contratual entre os agentes desse caso.

A relação entre esses agentes, bem como suas eventuais responsabilidades, constavam do documento CCAP (*Cahier de Clauses Administratives Particuliers*). O conteúdo desse documento foi baseado nas respectivas legislações e em outras exigências estabelecidas pelo próprio empreendedor. Tal documento foi elaborado pelo empreendedor e era peça integrante dos contratos estabelecidos entre agentes e empreendedor.

Legenda

	Contratante principal
	Contratados pelo empreendedor – contratantes secundários
	Contratados e coordenados pelo contratante secundário – Terceiros
	Contratados dos terceiros – Subcontratados

Figura 35 – Esquema contratual entre os agentes do estudo de caso A

Todos os agentes que constam da figura anterior, com exceção das construtoras e dos seus subcontratados, participaram da elaboração dos projetos desde a etapa de anteprojeto, quando alternativas tecnológicas começaram a ser comparadas com exigências de desempenho. Assim, visando facilitar a gestão dos documentos que seriam emitidos pelos vários agentes, o coordenador de projetos desenvolveu um documento denominado “Regras para apresentação de projetos”, que uniformizava linguagem gráfica, nomenclaturas e referências (carimbos de projeto).

Constatou-se, em função de conversas com alguns desses agentes, que o prazo para execução dos projetos ocorreu conforme o planejado, apesar de ter sido longo (quase dois anos, contando do início dos estudos preliminares até o início da etapa de preparação da

execução de obras). Esses agentes observaram também que a qualidade dos projetos deveu-se, entre outros, a adequada atuação do coordenador de projetos.

No entanto, a atividade de compatibilização dos projetos de fachadas não foi realizada na etapa de preparação da execução de obras, em razão, principalmente, do pouco tempo que tal etapa dispunha para ser realizada. Por isso, a compatibilização foi realizada após o início da execução das obras, quando algumas divergências de interface começaram a aparecer no canteiro de obras (desvios de alinhamento vertical entre a fachada em placas de rocha e a fachada envidraçada).

Também na etapa de preparação da execução de obras, o coordenador de projetos elaborou, juntamente com o OPC, uma planilha objetivando melhorar e agilizar a avaliação e validação dos documentos que comprovavam a conformidade dos componentes e materiais. Tais documentos eram apresentados pelas construtoras dos lotes. Mas, devido à grande quantidade de documentos (por exemplo, para os dois lotes da fachada, havia uma média de quinze documentos para avaliar e validar) e o número de agentes envolvidos (Figura 36), alguns desses componentes começaram a ser aplicados na obra antes de terem sido avaliados. Observa-se que a avaliação desses documentos baseava-se em critérios preliminarmente estabelecidos nos projetos (o item 4.1.4 ilustra tais critérios).

Figura 36 – Esquema de difusão de documento para análise e validação – etapa de preparação da execução do lote 5: fachadas envidraçadas (Estudo de caso A)

Com relação à etapa de recepção das obras, esta ocorria em duas fases: na primeira, a construtora do lote entregava ao OPC, no caso, a construtora principal, o Projeto “As Built” (memorial técnico construtivo do lote, bem como os projetos gráficos atualizados conforme a execução da obra e o plano de manutenção). O OPC, com a assessoria do coordenador de projetos, avaliava a coerência desse documento com o que foi realizado “*in loco*” e o que foi inicialmente projetado, bem como a conformidade do produto (obra entregue) com os critérios estabelecidos em projeto e em contrato. Somente após essa avaliação ter sido

positiva, o empreendedor era chamado para validar a recepção das obras (segunda fase). Observa-se que, conforme contratados, a recepção das obras se dava por partes, ou seja, por lotes.

Estudo de caso B

No estudo de caso B os agentes participantes da produção do empreendimento foram bastante similares ao caso A: empreendedor; coordenador de projetos da fase de projeto, coordenador de segurança, controlador técnico, construtora e projetistas especialistas. Foram contratados quatro projetistas especializados: estudo de solos, instalações, acústica e fachadas. Além disso, o projetista de fachada foi contratado diretamente pelo empreendedor, e as construtoras dos lotes de fachadas foram contratadas diretamente pela construtora principal. A Figura 37 ilustra os agentes e o esquema contratual entre eles.

Figura 37 – Esquema contratual entre os agentes do empreendimento estudo de caso B

Uma diferença na configuração dos agentes entre o caso A e B que vale ser observada refere-se à divisão de atividades do coordenador de projetos. Isto é, no caso B, as funções

do coordenador de projetos foram divididas entre dois agentes, denominados de coordenador de projetos da fase de projeto (*maître d'oeuvre de conception*) e coordenador de projetos da fase de execução de obras (*maître d'oeuvre d'exécution*). O coordenador de projetos da fase de projetos foi responsável pelo desenvolvimento e coordenação dos projetos, bem como pela aprovação do projeto junto aos órgãos competentes. Já o coordenador de projetos da fase de execução foi o responsável pela coordenação das atividades de projeto relacionadas diretamente à execução da obra, além de ser responsável também pela compatibilização entre os projetos na etapa de preparação da execução da obra e pela assistência à recepção da obra.

Entretanto, o coordenador de projetos da fase de execução não era um agente presente no canteiro de obras; então, suas atividades passaram pouco a pouco a ser realizadas pelo OPC (profissional integrante da construtora principal). Dessa forma, o esquema de difusão e validação de documentos da etapa de preparação da execução de obras ocorreu de forma diferente do caso A, como mostra a Figura 38.

Figura 38 – Esquema de difusão de documento para análise e validação – etapa de preparação da execução dos lotes 2 e 4 (Estudo de caso B)

4.1.3 O projeto de fachadas e suas exigências de desempenho

Estudo de caso A

O projeto de fachadas do caso A, na etapa de estudos preliminares, foi elaborado pelos projetistas de arquitetura (coordenador de projetos e equipe) integrados às outras partes do edifício. Nessa etapa, foram priorizados aspectos estéticos e volumétricos. Entretanto, após o desenvolvimento dos esboços, os quais davam uma idéia tridimensional do que seria o empreendimento, o projetista de fachadas começou a participar do processo de projeto, iniciando sua participação na etapa de anteprojeto.

O projetista de fachadas, nessa etapa de anteprojeto, avaliou as alternativas tecnológicas propostas pelo arquiteto com as exigências de desempenho impostas por legislações e pelo empreendedor. Dessa forma, as fachadas foram projetadas para atender às legislações de incêndio, à legislação térmica, apresentar índices de isolamento acústica adequada, apresentar proteções solares (para evitar uso de cortinas) e apresentar iluminação natural suficiente para evitar o uso de luz elétrica durante o dia. Ainda nessa etapa, tais exigências foram traduzidas em critérios (indicadores de desempenho), tanto de ordem geral para o subsistema fachada, quanto específica para os componentes. Além disso, foi nessa etapa que os projetos e a execução das fachadas foram divididos em dois lotes: fachada em placas de rocha (lote 4) e fachada metálica e envidraçada (lote 5). A Tabela 32 resume os requisitos e critérios de desempenho adotados para as fachadas dos estudos de caso A e B, e também mostra os meios estabelecidos para comprovar o atendimento a essas exigências.

Tabela 32 – Requisitos e critérios de desempenho das fachadas (caso A comparado ao caso B)

Nº	Requisito	Critérios especificados para o empreendimento – caso A	Critérios especificados para o empreendimento – caso B	Comprovação das exigências (ambos os casos)
1	Segurança estrutural - resistência ao vento	pressão de vento de 600Pa, deformação admissível segundo norma vigente*	pressão de vento segundo a AFNOR P06/ NV 65, deformação admissível 1/300, máximo 10,0mm**	Cálculo apresentado pelo construtor do lote e avaliado pelo projetista de fachadas e controlador técnico
	- resistência a choques	o elemento fachada, com função de guarda-corpo, deve resistir a uma energia de 900 joules para ensaio de corpo mole (impactos externos) e 750 joules (impactos internos)*	idem caso A, porém especifica a obrigatoriedade de utilizar vidros laminados	documento que comprove avaliação (ATEC ou ATEX) ou relatório de ensaios em protótipos
	- resistência à variações de temperatura	não especificado	deformação admissível 1/300, máximo 10,0mm, sem afetar a estanqueidade das juntas	Cálculo apresentado pelo construtor do lote e avaliado pelo projetista de fachadas e controlador técnico
	- resistência à neve	não especificado	cargas de neve não devem gerar ruptura de vidros, nem deformações permanentes em perfis, nem penetração de água	
2	Segurança contra incêndio - resistência ao fogo	- corta-fogo ⁵⁰ : 1 hora*	- corta-fogo: 1 hora* (conforme a IT 49) regra C+ D >= 1,00m	relatório de ensaio sobre protótipo das fachadas, avaliado pelo projetista de fachadas e controlador técnico
	- estanqueidade das juntas	dificultar a propagação de chamas e fumaça por entre as juntas empregando material corta-fogo de 1h30**	dificultar a propagação de chamas e fumaça por entre as juntas entre elemento de fachada e borda de laje	não especificado

⁵⁰ São considerados elementos corta-fogo (CF) aqueles que apresentam estabilidade ao fogo, estanqueidade às chamas e à fumaça, e isolamento térmico entre a face em contato com o fogo e a face oposta (ver item 2.2.3).

		(interface entre elemento de fachada e laje)		
	- acessibilidade do corpo de bombeiros ao edifício	- existência de janelas nas fachadas com dispositivo de abertura manual nas dimensões mínimas para acesso do corpo de bombeiros*		análise de projeto e de execução
3	Isolação acústica dos elementos das fachadas	30 dB (fachada Norte)** 34 dB (outras)**	35 dB (fachada Norte)** 37 dB (outras)**	relatório de ensaios em protótipo e ensaio a ser realizado <i>in loco</i> após o término das obras
	- isolamento acústico entre pavimentos (juntas)	vedar as juntas entre elemento de fachada e borda de laje com material isolante acusticamente - 45dB (especificar que esse material deve ser isolante ao fogo e ao ruído)**	vedar as juntas entre elemento de fachada e borda de laje	não especificado
4	Eficiência energética: Área transparente e proteção solar	0,56 (fachada Norte)** 0,32 (outras)**	$\leq 0,30^{**}$	certificado de qualidade das placas de vidro (CEKAL)
5	Isolamento térmico (transmitância térmica)	Ug – placas de vidro $\leq 1,5\text{W/m}^2\text{K};^*$ Uw - elemento de fachada $\leq 2,4\text{ W/m}^2\text{K};^*$	Ug – placas de vidro $\leq 1,4\text{W/m}^2\text{K};^{**}$ Uw - elemento de fachada $\leq 2,1\text{ W/m}^2\text{K};^{**}$	calculado baseado na RT 2000, feito pelo projetista de fachadas e avaliado pelo controlador técnico. No caso B, foram também consideradas as exigências da certificação HQE ⁵¹
6	estanqueidade à água	estanque sob vazão de água de 2,0 litros/minuto/m ² a uma pressão de 500Pa e depois de 1000Pa, sem apresentar	estanque sob vazão de água de 2,0 litros/minuto/m ² a uma pressão maior que 600Pa (Classe E)*	relatório de ensaio realizado sobre protótipo e avaliado pelo controlador técnico

⁵¹ Certificação HQE (*Haute Qualité Environnementale*) é uma certificação para os projetos que considerem aspectos de conforto e minimização de impactos ambientais (mais informações disponíveis em <<http://www.assohqe.org>>).

		vazamentos**		
7	estanqueidade ao ar	penetração de ar menor que $0,3 \text{ m}^3/\text{m} \times \text{h}$ sob pressão de 500Pa^{**} (Classe E) (medida baseada no volume de ar/metro de junta)	penetração de ar menor que $0,5 \text{ m}^3/\text{m} \times \text{h}$ sob pressão de 450Pa (Classe A3) * (medida baseada no volume de ar/metro de junta)	relatório de ensaio realizado sobre protótipo, avaliado pelo controlador técnico, coordenador de projetos e projetista de fachadas
8	durabilidade	não especificado	Vida útil de projeto das fachadas igual a 20 anos, com garantia mínima de 10 anos dada pelo construtor. Foi estabelecido que seriam realizados ensaios de envelhecimento acelerado nos seguintes componentes: placas metálicas; selantes e material EPDM empregado nas juntas; isolantes; placas de vidro insulado e componentes de fechamento opaco	relatório de ensaio realizado sobre componentes avaliado pelo controlador técnico e coordenador de projetos
* critério estabelecido conforme legislação ou norma técnica vigente ** critério estabelecido conforme exigência do empreendedor, às vezes mais rigorosos que os critérios de normas ou legislações				

Na etapa do anteprojeto, os elementos e componentes da fachada foram escolhidos em função dos critérios estabelecidos, levando também em consideração alguns aspectos de custos. Nessa etapa foi realizado um estudo de compatibilização preliminar entre os projetos do mesmo lote e entre os projetos de lotes diferentes.

Os CCTPs das fachadas (memorial construtivo e caderno de encargos) foram elaborados na etapa do projeto executivo. Por exemplo, o CCTP do lote 4 especificava e sintetizava vários aspectos, tanto de cunho tecnológico quanto de gestão: normas e legislações pertinentes; diretrizes e regras para cálculos dos elementos; requisitos de conformidade dos componentes com especificações de projeto, certificados e marcas aceitas; exigências de desempenho das fachadas; ensaios a serem realizados durante e após a execução da obra; seguros e garantias; responsabilidade da empresa construtora do lote; coordenação e interação com as equipes dos outros lotes; e tolerâncias e parâmetros para recepção dos

serviços. Como anteriormente exposto, o CCTP é peça integrante do contrato entre o empreendedor e a construtora do lote, ou entre a construtora principal e a construtora do lote.

A construtora contratada para execução do lote – por exemplo, do lote 5 (fachada envidraçada), na etapa de preparação da execução da obra, deveria, antes que qualquer trabalho no canteiro fosse iniciado, apresentar todo o detalhamento construtivo, o projeto e planejamento para produção (conforme as regras de segurança estabelecidas pelo coordenador de segurança em documento específico) e as comprovações da conformidade de todos os componentes a serem empregados nas fachadas. Entretanto, o prazo estabelecido para execução dessa etapa (três meses) não foi suficiente para que a construtora do lote pudesse aprontar toda essa documentação. Então, as obras tiveram início antes que a conformidade de alguns componentes fosse avaliada.

Acrescenta-se que, conforme já descrito, a compatibilização dos projetos não foi feita nessa etapa, e sim no desenrolar da execução das obras, quando problemas de interface começaram a surgir (por exemplo, falta de especificação de detalhes de junta entre piso do térreo e painel da fachada, desvios de alinhamento vertical entre componentes envidraçados e placas de rocha, entre outros).

As construtoras dos lotes também foram responsáveis pela elaboração do projeto “*As Built*” (DOE – *Dossier d’ouvrages exécutés*), o qual foi avaliado pelo coordenador de projetos e pelo coordenador de obras, e validado pelo empreendedor. A construtora anexou a este projeto um documento (planilha comparativa entre o que foi projetado e o realizado), utilizado como um instrumento de retroalimentação para os projetistas.

Observa-se que o projeto “*As Built*” não era simplesmente um conjunto de desenhos gráficos, mas sim um conjunto de documentos que agrupavam diversas informações que poderiam ser empregadas numa futura renovação do empreendimento, quais sejam: desenhos gráficos do que foi executado; memorial descritivo dos componentes utilizados; comprovação da conformidade desses componentes; memorial e relatório dos ensaios realizados sobre protótipos e ensaios realizados *in loco*; cronograma de execução “real” e plano de manutenção para o edifício em uso. Esse último documento, o “plano de manutenção”, estabelecia cronogramas, por um período mínimo de dez anos, para realização de inspeções prediais, para eventuais substituições de componentes ou

materiais, e para realização de operações de limpeza. Esse documento, segundo exigências do empreendedor, indicava também quais produtos podiam ser empregados nas operações de limpeza, bem como a maneira de fazê-las (métodos de limpeza).

Estudo de caso B

Como no caso A, o desenvolvimento dos projetos de fachadas, a partir da etapa de anteprojeto, contou com a participação de outros agentes (escritório de fachadas, coordenador de segurança e controlador técnico), além do arquiteto e do coordenador de projetos. Foi também nessa etapa que se definiram os critérios de desempenho para as exigências estabelecidas na fase de concepção do empreendimento pelo empreendedor, as quais priorizavam: o desempenho acústico; o desempenho térmico (conforme a RT 2000 e as exigências da certificação HQE); e a durabilidade das fachadas.

A Tabela 32 (exposta anteriormente) resume os requisitos e critérios de desempenho adotados para as fachadas deste empreendimento comparados com o caso A. Por exemplo, os critérios de desempenho com relação à estanqueidade do caso A são mais rigorosos que no caso B. Por outro lado, as exigências de desempenho acústico e térmico no caso B são mais rigorosas que as do caso A. Além disso, o empreendedor do caso B entendeu que durabilidade e manutenibilidade eram requisitos importantes a serem considerados nos projetos.

Pode-se dizer que, a partir da etapa de anteprojeto, o desenrolar do desenvolvimento dos projetos de fachada do caso A e B foram bastante similares. Como no caso A, os construtores do lote de fachadas eram os responsáveis por elaborar os detalhamentos construtivos e os projetos e planejamentos para produção, bem como fornecer a comprovação da conformidade dos componentes com especificações de projeto. Entretanto, no caso B, a compatibilização entre esses projetos e os projetos de outros lotes foi tardia e ineficiente, em função da inadequada atuação do coordenador de projetos da fase de execução.

A construtora também era responsável pela elaboração do projeto “*As Built*” (DOE), o qual deveria ser avaliado pelo coordenador de projetos da fase de obras e pelo coordenador de obras, e validado pelo empreendedor. Não foi possível acompanhar a avaliação desses projetos e a recepção das obras, mas, em função dos problemas ocorridos na fase de

execução, conclui-se que vários aspectos do projeto inicial tiveram que ser modificados.

Com relação ao plano de manutenção, o CCTP do lote de fachadas envidraçadas estabelecia que essas deveriam apresentar uma vida útil de projeto superior a 20 anos, além da garantia decenal do construtor. Para tanto, o plano de manutenção deveria estabelecer:

- período de revisão e troca dos componentes;
- quantidade e número de operações de manutenção para garantir durabilidade mínima de 20 anos;
- métodos para eventual substituição de placas de vidro e placas metálicas dos painéis pré-fabricados;
- período de substituição das juntas de vedação e das juntas de isolamento entre componentes constituídos de materiais diferentes;
- tipo de produto de limpeza que podiam ser utilizado sobre os componentes opacos.

Esse plano de manutenção das fachadas deveria ser feito em conformidade com os projetos do lote 5 (lote de manutenção de fachadas).

4.1.4 Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes

Estudo de caso A

Como anteriormente exposto, a execução das fachadas no empreendimento A foi dividida em três lotes: lote 4 – revestimento em placas de rocha; lote 5 – fachadas envidraçadas e metálicas; e lote 9 – esquadrias.

As partes das fachadas que pertenciam ao lote 4 eram constituídas de paredes de concreto, (executadas pelas empresas responsáveis pelos lotes 1 e 2) e pelo revestimento não aderido em placas de rocha. Esse é um tipo de fachada classificada como fachada semicortina, conforme descrito no Capítulo 2. O projeto e a execução desta tecnologia basearam-se no documento de referência CSTB DTU 55. 2 (2000).

O elemento da fachada do lote 4 era formado por seis camadas: a parede de concreto, uma camada isolante, uma câmara de ar de 2,0 cm de espessura (distância entre a face do

isolante e o tardo da placa de rocha) e a placa de rocha, além dos dispositivos de fixação, dos isolantes e das juntas (Figura 39 e Figura 40).

Figura 39 – Camada isolante fixada com parafusos plásticos à parede de concreto (caso A)

Figura 40 – Placa de rocha fixada à parede de concreto através de insertos metálicos (caso A)

A camada isolante é constituída de placas de lã de vidro com espessura mínima de 8cm, fixadas às paredes de concreto através de parafusos plásticos. As pedras são calcáreas, cuja face acabada tem coloração vermelho escuro, com espessura entre 3,0 a 4,0cm, fixadas às paredes de concreto através de insertos metálicos (Figura 41 e Figura 42).

Figura 41 – Esquema de fixação da pedra à parede de concreto (corte transversal do elemento de

Figura 42 – Esquema de fixação da pedra à parede de concreto na posição da junta de controle (corte

*fachada – caso A)**longitudinal do elemento de fachada – caso A)*

As juntas, por sua vez, são subdivididas em três categorias, sendo todas abertas (não vedadas): juntas entre as placas de pedra (juntas entre componentes), cuja espessura variava entre 5 e 10mm; juntas de controle⁵², com 10mm de espessura (posicionadas horizontalmente a cada 3m, verticalmente a cada 8m e nas extremidades de paredes); e juntas estruturais.

A Tabela 33 apresenta resumidamente as especificações de projeto para os componentes que formavam as fachadas em pedra, bem como a maneira de comprová-las.

Tabela 33 – Exigência e comprovação da conformidade dos componentes em pedra – caso A

Item	Componentes	Exigências	Comprovação da conformidade
1	placas de pedra	resistência à flexão, coeficiente de absorção de água e capilaridade e desgaste ao gelo	relatório de conformidade do controlador técnico (<i>Bureau de controle</i>)
2	placas de lã de vidro não-hidrófilas (componente isolante)	resistência térmica	certificado de qualidade ACERMI
3	dispositivo de fixação da pedra à parede	resistência à corrosão (especificação para usar aços inoxidáveis)	relatório de ensaio ou catálogo fornecedor
4	dispositivo de fixação do isolante à parede	resistência axial	relatório de ensaio ou catálogo fornecedor

O lote de fachadas envidraçadas (lote 5) foi dividido em três tipos diferentes, aqui denominado de fachada tipos 1, 2 e 3. A fachada tipo 1 era formada por painéis pré-fabricados fixados no local definitivo através de insertos metálicos (Figura 43 e Figura 44). Esses painéis, cujo peso não excedia a 100kg/m², eram constituídos de quadros metálicos (perfis em alumínio pré-pintados), placas de revestimento metálicas intercaladas por um componente isolante (parte inferior) e, na parte superior, placas de vidro insulado (duas placas de vidro laminado intercaladas por uma câmara de ar).

⁵² Juntas de controle são aquelas cuja função é absorver tensões provocadas por movimentações do próprio revestimento ou da sua base suporte (MEDEIROS, 1999).

Figura 43 – Painel pré-fabricado sendo transportado para seu local definitivo (caso A)

Figura 44 – Painel sendo fixado em seu local definitivo, por aparafusamento (caso A)

A fachada tipo 2 era similar a anteriormente descrita; entretanto, os componentes de fechamento eram constituídos de placas de vidro insulado e brises solares (fachada tipo 2 – Figura 45 e Figura 46).

Figura 45 – Painel com brises solares fixados em seu local definitivo (fachada tipo 2 – caso A)

Figura 46 – Painel com brises solares armazenado interno à construção (fachada tipo 2 – caso A)

Já a fachada tipo 3 era constituída de vigas e tirantes metálicos que suportavam quadros em perfis tubulares de alumínio, sobre os quais fixaram-se (colaram-se) as placas de vidro insulado. Essa tecnologia foi objeto de avaliação ATEX (Apreciação Técnica de Experimentação) por ser considerada inovadora (Figura 47 e Figura 48)

Figura 47 – Quadros em perfis metálicos tubulares fixados às vigas e tirantes metálicos (fachada tipo 3 – caso A)

Figura 48 – Placas de vidro sendo fixadas nos quadros metálicos (fachada tipo 3 – caso A)

A Tabela 34 apresenta resumidamente as especificações de projeto para os componentes que constituíam as fachadas do lote 5, bem como a maneira de comprová-las.

Tabela 34 – Exigência e comprovação da conformidade dos componentes das fachadas envidraçadas – caso A

Item	Componentes	Exigências	Comprovação da conformidade
1	perfis metálicos em contato com o exterior	perfis de alumínio pré-pintado	marca QUALICOAT
2	painel de vidro insulado	garantia de 10 anos com relação a: estanqueidade; transmitância térmica (Ug), cor, aspecto, fator solar, índice de redução sonora e tolerâncias geométricas	certificado de qualidade CEKAL
3	dispositivos de fixação aparentes	aço inoxidável austenítico	comprovação da exigência por ensaio ou catálogo do fornecedor
4	painel rígido não-hidrófilo (componente isolante entre placas metálicas do painel pré-fabricado –	espessura mínima de 90mm; resistência térmica	certificado de qualidade ACERMI Marca C.E.

	fachada tipo 1)		
4	fachada envidraçada do ATRIUM	avaliação de desempenho do sistema, incluindo avaliação de manutenabilidade	avaliação ATEX – CSTB

Cabe observar que as comprovações de conformidade, sejam da fachada em pedra ou da envidraçada, foram fornecidas pelas construtoras dos lotes e deveriam ser avaliadas e aceitas pelo coordenador de projetos e pelo empreendedor, antes da aplicação do componente em obra. Entretanto, a fachada envidraçada do Atrium começou a ser executada antes que a avaliação ATEX ficasse pronta, porque a construtora responsável pela solicitação desse procedimento a fez tardiamente com relação ao cronograma de execução das obras.

Estudo de caso B

Como no caso A, o desenvolvimento dos projetos e a execução das fachadas foram divididos em três lotes: lote 2 – revestimento não aderido, lote 4 – fachadas envidraçadas e metálicas, e lote 8 – esquadrias.

O revestimento não aderido era constituído de pedras calcárias de cor cinza de 4cm de espessura, as quais, como no caso A, foram fixadas às paredes de concreto através de insertos metálicos. Dessa forma, diz-se que essa fachada, do tipo semicortina, constitui-se de seis camadas: a parede de concreto, uma camada de isolante, uma câmara de ar de 2cm de espessura (distância entre a face do isolante e o tardo da placa de rocha), e a placa de pedra; além dos dispositivos de fixação e das juntas. Observa-se que, neste caso, a camada isolante (poliestireno extrudado) foi colada à parede de concreto (Figura 49). Para este lote não foram exigidas comprovações de conformidade dos componentes – somente com relação aos aspectos de homogeneidade de cores e dimensões das pedras.

Figura 49 – Revestimento não aderido em placas de pedra (vista do tardo da peça) (lote 2 – caso B)

Figura 50 – Painéis pré-fabricados em placas de vidro insulado sendo fixados no seu local definitivo (lote 4 – caso B)

As fachadas envidraçadas (Figura 50) e metálicas do lote 4 eram formadas por painéis pré-fabricados, nos quais se empregavam as tecnologias de fixação de vidros tipo VEA (*vitrage extérieur attachée*) ou VEC (*vitrage extérieur colée*), conforme documentos de referência CSTB CPT 3488 (2003) e CSTB 3574 (2006). Foram projetados oito tipos de painéis diferentes, sendo as principais diferenças entre eles relativas às dimensões, cores dos vidros, resistência ao vento e ao impacto.

A Tabela 35 apresenta resumidamente as especificações de projeto para os componentes que constituíam as fachadas do lote 4, bem como a maneira de comprová-las.

Tabela 35 – Exigência e comprovação de conformidade dos componentes das fachadas envidraçadas – caso B

Item	Componentes	Exigências	Comprovação da conformidade
1	painéis pré-fabricados envidraçados – tecnologia tipo VEC	apresentar critérios de desempenho térmico e acústico, estanqueidade, durabilidade e segurança, conforme tabela 26 (coluna caso B)	- ficha técnica do produto; - protótipo validado pelo empreendedor presente no canteiro; - relatórios de ensaios ou ficha de homologação do produto
2	painéis pré-fabricados envidraçados – tecnologia tipo VEA		<i>Avis Technique</i> (CSTB nº AT 2/04-1170)
3	painel de vidro insulado	garantia de 10 anos com relação a: estanqueidade; transmitância térmica (Ug), cor, aspecto, fator solar, índice de redução sonora e tolerâncias geométricas	- ficha do produto; - certificado de qualidade CEKAL

4.1.5 Problemas identificados na fase de execução das fachadas

Descrevem-se alguns problemas identificados na etapa de execução das fachadas do estudo de caso A:

- desvios de alinhamentos entre os elementos da fachada em pedra e da fachada envidraçada maiores do que as tolerâncias especificadas em projeto, gerando a necessidade de retirar parte do revestimento em pedra e refazê-lo;
- atrasos para iniciar a colocação dos pisos elevados e dos forros, em razão da definição tardia do tratamento que seria dado às juntas entre elementos de fachada e a face superior da laje e entre esses elementos, e o piso elevado e o forro (detalhes de interface não especificados em projeto);
- conflitos entre as equipes (construtoras dos lotes) com relação ao planejamento do uso de equipamentos de transporte vertical, e também com relação às áreas de armazenamento.

Esses problemas ocorreram principalmente em função do inadequado tratamento dado à atividade de compatibilização dos projetos de fachadas na etapa de estudos para execução das obras, pois as interfaces entre projetos e entre equipes de execução foram apenas

superficialmente analisadas.

O coordenador de obras não conseguiu prever antecipadamente os problemas de interface entre a execução dos serviços, resolvendo-os conforme foram surgindo no decorrer da execução das obras.

No empreendimento do estudo de caso B, também foram identificados problemas na fase de execução das fachadas: atraso para início e término das obras, dificuldade de montagem de um dos elementos envidraçados da fachada e difícil interação (relacionamento) entre a construtora do lote de fachadas envidraçadas (lote 4) e o OPC (coordenador de obras).

Acredita-se que parte desses problemas ocorreram pela “quase” ausência do coordenador de projetos na fase de execução, o que dificultou e atrasou as atividades de compatibilização entre projetos (especialmente entre projetos para produção), e sobrecarregou o OPC, o qual, além de coordenar o trabalho das equipes, teve que resolver problemas de interfaces entre detalhamentos de projetos.

4.2 EMPREENDIMENTOS DE REABILITAÇÃO E RENOVAÇÃO: FRANÇA

4.2.1 Características gerais dos empreendimentos

Estudo de caso C

O empreendimento objeto do estudo de caso C localiza-se entre as ruas *Vivianne* e *Richelieu*, região central de Paris. O objetivo deste projeto era renovar um empreendimento imobiliário, para abrigar escritórios. As principais intervenções nos edifícios foram feitas nas fachadas e nas instalações (essa última não será analisada por não fazer parte do objeto desta tese).

Este empreendimento era composto por três edifícios. Dois edifícios têm suas fachadas voltadas para a rua B, sendo aqui denominados de B1 e B2. O edifício cuja fachada encontra-se na rua A e o edifício B1 foram construídos entre o final do século 18 e o início do século 19. O edifício B2 foi construído em meados de 1930. Além das fachadas que se localizam nas ruas (fachadas externas), existem as fachadas dos pátios internos (fachadas internas), conforme ilustra o esquema da Figura 51.

Figura 51 – Planta do empreendimento (anteprojeto definitivo)

As fachadas externas, em função das legislações francesas e parisienses, não podiam ser alteradas, pois as características arquitetônicas da época da construção deviam ser mantidas. Já as fachadas internas podiam ser modificadas. Resumidamente, o projeto de renovação das fachadas objetivou:

- reabilitação das fachadas externas, por meio de sua recuperação e limpeza;
- renovação de parte da fachada externa dos edifícios B1 e B2 (Figura 52), visando harmonizar a parte a ser renovada com a existente, utilizando tecnologia de revestimento não aderido em placas de rocha no edifício B1, e em painéis de madeira no edifício B2;
- substituição dos caixilhos das fachadas, inclusive das fachadas internas, com exceção dos caixilhos da fachada externa do edifício B2, que foram recuperados. A substituição dos caixilhos visou incrementar tanto o seu desempenho estético quanto térmico;
- renovação das fachadas internas incorporando revestimento não aderido em placas de rocha e sistema de isolamento térmica exterior (Figuras 53 e 54), além da execução de uma fachada envidraçada no térreo da fachada interna do edifício A.

Figura 52 – Fachadas externas dos edifícios B1 e B2 (caso C)

Figura 53 – Fachadas internas:pátio edifício A (caso C)

Figura 54 – Fachadas internas:pátio edifício B (caso C)

Estudo de caso D

O empreendimento de reabilitação objeto do estudo de caso C era um Campus Universitário com uma área aproximada de 311.000m², localizado na região central de Paris. Os edifícios, denominados de *Gril d'Albert*⁵³, eram organizados em oito níveis: um subsolo; dois níveis intermediários; térreo e cinco pavimentos-tipo.

A fundação e a estrutura dos níveis intermediários são em concreto, e os pilares e vigas dos pavimentos-tipo e térreo (pilotis) são em perfis metálicos. Os pilares metálicos são tubulares e foram dispostos a cada 3,0m na fachada.

As fachadas, inicialmente, eram constituídas de painéis pré-fabricados feitos de perfis de aço inoxidável, placas de vidro na parte superior e placas de mármore na parte inferior. Esses painéis de 1,0m de largura por 3,4m de altura foram fixados às lajes, sendo posicionados atrás dos pilares metálicos, para deixá-los aparentes. A fachada total tem uma área aproximada de 11.000m².

Como a estrutura projetada era metálica, houve a necessidade de protegê-la contra incêndio. Por isso, na ocasião da construção (meados de 1965), a estrutura metálica (do lado interno) foi protegida com argamassa projetada com fibras de amianto. Entretanto, atualmente, é proibido o emprego do amianto pelo perigo que representa à saúde humana. Então, em meados de 1997, o governo francês decidiu realizar um trabalho de remoção do amianto nesse Campus Universitário. Para tanto, criou uma empresa que seria responsável por esta operação, aqui denominada de empreendedor (*maîtrise d'ouvrage*).

O primeiro projeto de reabilitação do Campus visava somente a remoção do amianto dos perfis metálicos e a reposição da proteção ao fogo com outro material. Posteriormente, percebeu-se que a operação seria mais complexa e incluiria outros serviços. Assim, as operações de reabilitação desse empreendimento consistiam em quatro atividades principais:

⁵³ Nomeia-se *Gril d'Albert* como uma forma de homenagear o arquiteto Edward Albert, que aprovou o projeto do Campus em 1963.

- retirar e demolir componentes internos: divisórias, forros e pisos;
- retirar as proteções contra o fogo dos perfis metálicos e refazê-las com material adequado à legislação vigente;
- reformar os espaços anteriores: recolocar divisórias, pisos e forros.
- reabilitar as fachadas, incrementando aspectos de manutenabilidade, desempenho térmico e acústico. Cabe observar que, em função do tipo das janelas dos painéis antigos, operações de manutenção e limpeza desses painéis eram difíceis de serem realizadas.

Em função da complexidade para realizar tais operações (universidades em funcionamento e recursos econômicos restritos), o empreendimento foi dividido em três partes: Setor 1; Setor Leste e Setor Oeste. Figura 55 ilustra o esquema em planta do empreendimento, bem como sua divisão em setores. O estudo de caso foi realizado sobre os projetos e a execução da renovação das fachadas do Setor Oeste. A Figura 56 ilustra a fachada de dois setores: Setor 1 – trabalhos de renovação terminados, e Setor Leste – trabalhos não iniciados.

Figura 55 – Esquema em planta dos edifícios do Campus Universitário (caso D)

Figura 56 – Fachada Setor 1 e Setor Leste (caso D)

4.2.2 Gestão do processo de projeto

Estudo de caso C

Os principais agentes do empreendimento C foram: o empreendedor, o coordenador de projetos (da fase de projetos e de execução), o coordenador de segurança, o controlador técnico, o projetista estrutural, o projetista de instalações e a construtora principal, que também exercia função de OPC (coordenador das obras). A Figura 57 mostra o esquema funcional e contratual entre esses agentes. Observa-se que, apesar das fachadas serem uma das operações principais, não houve a contratação de um projetista de fachadas; a própria equipe de arquitetura era responsável pelo desenvolvimento desses projetos, além de ser responsável pela coordenação dos projetos.

Figura 57 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo (caso C)

Além desses agentes principais, existiam outros três: o historiador de edifícios, o projetista que fez levantamentos geométricos e descritivos do edifício existente, e o especialista em diagnosticar o estado do(s) edifício(s) com relação ao seu desempenho e conservação. Tais agentes assessoraram o coordenador de projetos na realização da etapa de diagnóstico. Esses agentes foram contratados pelo próprio empreendedor, mas funcionalmente trabalhavam junto com o coordenador de projetos. A Tabela 36 resume as atividades e os produtos da etapa de diagnóstico, bem como os agentes participantes desta etapa.

Tabela 36 – Etapas de projeto, seus conteúdos e agentes responsáveis

Etapa	Produto da etapa	Conteúdo	Agentes participantes da etapa
Diagnóstico	Dossiê histórico	Estudo sobre a história do imóvel, o qual incluiu plantas da época e de outras intervenções realizadas, bem como informações a respeito de materiais e componentes utilizados na época da construção dos imóveis	Historiador de edifícios
	Projeto arquitetônico do imóvel existente	Plantas, cortes e vistas dos edifícios do empreendimento antes do início das operações de reabilitação e renovação	Projetista especializado em levantamentos geométricos
	Diagnóstico do estado de conservação dos imóveis	Estudo sobre as condições de desempenho dos edifícios e de seus componentes, o que possibilitou a análise da viabilidade técnica e econômica da realização do projeto	Empresa de engenharia especializada neste tipo de serviço, com a cooperação do coordenador de projetos
	Esboços das possibilidades do projeto de arquitetura	Estudos e elaboração de esboços do projeto arquitetônico, considerando as várias possibilidades de modificação do projeto existente. Este estudo considerou questões arquiteturais e também algumas questões técnicas, com relação à possibilidade de alterar arquitetonicamente o invólucro do edifício	Coordenador de projetos da fase de projeto
	Estudo de viabilidade técnico-econômica	Neste estudo também foi analisada a viabilidade técnico-econômica de atender às legislações de segurança e habitabilidade vigentes	Coordenador de projetos da fase de projeto + controlador técnico
	Projeto preliminar de renovação do empreendimento	Proposta preliminar (plano de conservação) do projeto de reabilitação submetido à aprovação por um conselho municipal, segundo orientações do <i>Code d'Urbanisme Français - article R313-11 - édition 2006</i>	Coordenador de projetos da fase de projeto

Cabe observar que a primeira proposta do projeto de reabilitação encaminhada à prefeitura regional não foi aceita, pois previa alterações que, segundo a comissão julgadora, descaracterizavam as edificações do começo do século 20. Então, uma segunda proposta foi elaborada, buscando conservar as características dos projetos originais.

Ressalta-se que, se um dos estudos da etapa de diagnóstico não tivesse encontrado uma solução viável técnica e economicamente, a renovação deste empreendimento não seria possível. Esta etapa de diagnóstico, que durou cerca de seis meses, antecedeu a etapa de

desenvolvimento dos anteprojetos.

A partir da etapa de anteprojeto (final da etapa de diagnóstico e proposta preliminar aceita), o esquema de desenvolvimento de projetos deste caso, passou a ser similar ao esquema de empreendimentos de construção (casos A e B).

O processo de produção dessa reabilitação foi dividido em dezesseis lotes. Os projetos começaram a ser desenvolvidos por lotes a partir da etapa do projeto executivo. As fachadas, como foram objeto de operações diferentes, foram divididas em mais de um lote: lote 2 (limpeza e revestimento em pedra); lote 6 (esquadria e revestimento em madeira) e lote 7 (fachadas envidraçadas e esquadrias metálicas).

O detalhamento construtivo, por exemplo, foi feito pelas construtoras de cada lote na etapa de preparação da execução das obras, e a compatibilização entre esses projetos foi feita pelo coordenador de projetos da fase de execução.

Entretanto, observa-se que os agentes participantes das etapas iniciais são diferentes daqueles participantes na etapa de preparação da execução, com exceção do coordenador de projetos da fase de obra. Conclui-se que os agentes da fase de obras não tiveram ligação com os agentes da fase de projetos, o que resultou em duas fases bem definidas (projeto e obra), interligadas pelo coordenador de projetos da fase de obra.

A etapa de recepção das obras, também como nos casos A e B, foi realizada em duas etapas: a primeira, uma pré-avaliação feita pela construtora principal e pelos coordenadores de projetos, e a segunda, com a presença do empreendedor.

Estudo de caso D

O empreendimento de reabilitação do caso D tem um processo de produção bastante peculiar, apresentando a sequência das etapas de desenvolvimento de projetos, bem como a relação entre os agentes, diferentes dos outros estudos de caso.

As quatro atividades principais: demolição e remoção de componentes interiores, remoção do amianto e reaplicação de proteção contra fogo, reforma interior e renovação das fachadas, foram divididas em oito lotes, conforme Tabela 37.

Tabela 37 – Serviços divididos em lotes (caso D)

Lote nº.	Descrição da atividade	Lote nº	Descrição da atividade
1	remoção e demolição das divisórias e pisos interiores	5	remoção dos painéis das fachadas
2	remoção das argamassas de proteção com amianto	6	fabricação de painéis pré-fabricados das fachadas
3	limpeza dos perfis e inspeção quanto ao estado de conservação dos componentes metálicos	7	instalação dos painéis nas fachadas
4	reaplicação da proteção contra fogo sobre perfis metálicos	8	reforma dos espaços interiores: remoção e demolição e re-instalação dos espaços anteriores

Diferentemente dos outros casos, os lotes não coincidem com os subsistemas, e sim com as atividades, visando facilitar a logística das operações de execução, conforme demonstrado na Tabela 38.

Tabela 38 – Esquema da logística de execução dos lotes

Execução lote		esquema do cronograma de execução						
1	remoção e demolição dos componentes internos							
2	remoção das argamassas de proteção com amianto							
3	limpeza e inspeção dos perfis							
4	reaplicação da proteção contra fogo							
5	remoção dos painéis das fachadas							
6	fabricação dos painéis das fachadas							
7	instalação dos painéis nas fachadas							
8	reinstalação dos espaços anteriores							

Para cada lote, uma construtora diferente foi contratada. Nesse caso, o empreendedor foi o contratante das construtoras. Dessa forma, os agentes participantes desse empreendimento foram: empreendedor, controlador técnico, controlador de segurança, OPC – coordenador de obras, economista, coordenador de projetos, projetista de fachadas, consultor de segurança contra fogo, projetista de acústica e os construtores dos lotes (Figura 58). No caso do lote 6, não se contratou um construtor, e sim um fabricante (fabricante dos painéis

das fachadas).

Figura 58 – Agentes do processo de reabilitação do empreendimento estudo de caso C

Com relação à etapa de diagnóstico, pode-se dizer que esta foi realizada, mas em partes e em épocas diferentes. Num primeiro momento, na fase de montagem do empreendimento, foi realizado um diagnóstico da existência e quantidade de amianto no Campus (estudo realizado no início da década de noventa). Num segundo momento, foi feito um estudo sobre o desempenho estrutural dos edifícios. E, num terceiro momento, na fase de projetos, quando os projetistas resgataram a história da arquitetura do Campus.

A partir da etapa de anteprojeto, os projetos, em razão da especificidade dos assuntos, foram desenvolvidos com a participação das construtoras dos lotes. Os projetistas de arquitetura desenvolveram os projetos da etapa dos estudos preliminares, os quais foram aprovados em concurso público. Para a realização dos estudos preliminares, os projetistas, como anteriormente exposto, fizeram um estudo histórico sobre o projeto e a construção do Campus, isso para que o projeto de renovação pudesse considerar as propostas do arquiteto do projeto original (meados de 1960).

Após a contratação dos projetistas, esses desenvolveram os anteprojetos preliminares e iniciaram uma etapa denominada “*dialogue compétitif*”, ou seja, a etapa de assistência à contratação das construtoras ocorreu antes do convencional. Isso porque se propunha que a

própria construtora desenvolvesse, além dos detalhamentos, os projetos executivos. A Tabela 39 resume o esquema das atividades das diferentes fases desse empreendimento.

Tabela 39 – Fases, etapas, atividades e agentes do processo do empreendimento D

	Fase de montagem do empreendimento	Etapas		
		Indicação da Etapa	Atividades	Agentes participantes
Fase de desenvolvimento de projetos	Fase de montagem do empreendimento	Programa de necessidades	estudo sobre a existência do amianto no Campus e sua consequência	Empreendedor + especialista em diagnóstico de amianto + especialista em diagnóstico estrutural
			diagnóstico da condição estrutural dos edifícios	
			análise econômica e social da viabilidade da execução da reabilitação do Campus	
	Fase de desenvolvimento de projetos	Estudos preliminares/ Diagnóstico	levantamento histórico dos projetos de arquitetura	Projetistas de arquitetura + Coordenador de projetos (no concurso público para a seleção dos projetos de arquitetura, foram apresentados os esboços dos estudos preliminares)
			adaptação do projeto de renovação à proposta do projeto original	
			avaliação da possibilidade de adequar as fachadas às legislações de desempenho vigentes (segurança, fogo, térmica e acústica)	
			proposta preliminar do projeto de arquitetura	
			pré-avaliação dos custos de execução	
	Fase de desenvolvimento de projetos	Anteprojeto	proposição das exigências de desempenho e qualidade do projeto e da obra	Coordenador de projetos + Controlador técnico + Projetistas especializados
			divisão do projeto e da execução em lotes	
			elaboração do memorial descritivo	
		Assistência para contratação das empresas (fornecedores/ construtoras)	apoiar o empreendedor na escolha dos fornecedores/construtores	Coordenador de projetos + Controlador técnico + Projetistas especializados + Empreendedor
			estabelecer as regras a serem adotadas pelo fornecedor para o empreendimento em questão, no que diz respeito aos meios de produção e controles de aceitação de serviços e de produto (comprovação de conformidade)	
		Projeto Executivo	descrever o método construtivo adotado	Construtoras dos lotes e fabricante de painéis. No caso da fachada, o empreendedor consultou três fabricantes, os quais apresentaram seus respectivos projetos executivos, baseados nas diretrizes fornecidas pelo coordenador de projetos. O empreendedor
			detalhar a concepção do produto estudando também os principais meios e procedimentos para o projeto ser executado	
			qualificar o produto, ou seja, mostrar que o produto responde às exigências e necessidades anteriormente estabelecidas	
			produzir um documento que defina o produto-edifício, ou parte dele, o qual constitui uma referência para a sua fabricação e aplicação em obra (CCTP)	

			escolheu uma entre elas
	Preparação da execução de obras	detalhamento dos projetos	Construtoras dos lotes + Coordenador de projetos + OPC + empreendedor
		metodologia de instalação	
		análise das interfaces (compatibilização)	
	Direção e execução dos trabalhos	definir cronogramas de entrega dos painéis	OPC – Coordenador de obras
		executar a obra	
Entrega da obra e gestão do empreendimento	Recepção da obra	coordenar as várias atividades e empresas participantes da obra	Coordenador de projetos + Controlador técnico + Coordenador de obras + Empreendedor
		demonstrar que a obra foi realizada conforme exigências contratuais e atualizar as informações contidas no projeto executivo que tenham sido modificadas durante a execução da obra	
	Gestão e manutenção do empreendimento	estabelecer projetos e planos de manutenção preventiva e corretiva	-

4.2.3 O projeto de fachadas e suas exigências de desempenho

Estudo de caso C

O projeto de fachada foi desenvolvido pelos projetistas de arquitetura, e integrado aos outros projetos desde a etapa dos estudos preliminares (diagnóstico) até a etapa de anteprojeto. Nessa etapa de anteprojeto, os componentes a serem utilizados nas fachadas foram preliminarmente definidos.

Entretanto, as exigências de desempenho começaram a ser discutidas já na etapa de estudos preliminares, quando se buscou analisar a viabilidade técnica da realização da reabilitação. Na etapa de anteprojeto, tais exigências foram traduzidas em critérios. A Tabela 40 resume os requisitos e critérios de desempenho adotados para o subsistema fachada deste empreendimento, e também mostra quais os meios empregados para comprovar o atendimento a essas exigências.

Tabela 40 – Requisitos e critérios de desempenho das fachadas (caso C)

Nº	Requisito	Critérios especificados para o empreendimento – caso C	Comprovação das exigências
1	Resistência ao vento	para esquadrias e fachadas envidraçadas: pressão de vento segundo a AFNOR P06/ NV 65, deformação admissível 1/200, máximo 15,0mm* para estrutura secundária do revestimento não aderido: deformação admissível 1/400	cálculo apresentado pelo construtor do lote e avaliado pelo controlador técnico e a coordenador de projetos
2	Estanqueidade ao ar	para esquadrias e fachadas envidraçadas: penetração de ar menor que 0,5 m ³ /m x h sob pressão de 450Pa (Classe A3) * (medida baseada no volume de ar/metro de junta)	relatório de ensaios sobre esquadrias e fachadas envidraçadas
3	Estanqueidade à água	- para esquadrias e fachadas envidraçadas: estanque sob vazão de água de 2,0 litros/minuto/m ² a uma pressão maior que 600Pa (Classe E)* - para fachadas com revestimento não aderido: existência de câmara de ar, localizada atrás do revestimento, com espessura mínima de 2,0cm	relatório de ensaios sobre esquadrias e fachadas envidraçadas
4	Isolamento acústico	35 dB (fachadas frentes para rua) 30 dB (fachadas frente para o pátio)	realização de ensaio <i>in loco</i> após término das obras
5	Isolamento térmico	cumprir a RT 2000 e apresentar coeficiente $U_{min} \leq 2,3 \text{ w/K m}^2\text{°C}$	especificado somente ensaio sobre protótipo de esquadria
6	Estético (alinhamento)	desvios com relação ao plano vertical – 2mm/m desvios com relação ao plano horizontal – 2mm p/ largura até 1,50m; 3mm p/ largura maior que 1,50m	tolerâncias indicadas nos detalhamentos de projetos e verificadas na etapa de recepção

7	Durabilidade e manutenção	projeto “ <i>As Built</i> ” deve conter plano de manutenção, que deve estabelecer períodos mínimos para a realização de operações de manutenção nas fachadas, incluindo diretrizes de como fazê-las	análise do plano de manutenção pelos coordenadores de projetos e empreendedor
---	---------------------------	---	---

A partir da etapa dos projetos executivos, os projetos foram desenvolvidos separadamente em função dos lotes. Para cada lote foi desenvolvido um CCTP (Caderno de Cláusulas Técnicas Particulares – memorial construtivo e caderno de encargos) diferente. Observa-se que tanto o CCTP quanto os projetos executivos integraram o contrato firmado entre a construtora principal e as construtoras dos lotes. Dessa forma, as exigências de conformidade com relação, por exemplo, ao desempenho das fachadas e à sua eficiência de execução, foram objetivamente e preliminarmente definidas antes do início da contratação da empresa executora do lote.

O detalhamento construtivo, desenvolvido pela construtora do lote com a coordenação da construtora principal (coordenador de obras) e do coordenador de projetos da fase de execução, teve que seguir as diretrizes e os desempenhos estabelecidos pelo CCTP e pelos projetos executivos, podendo, eventualmente, introduzir modificações quanto à proposta de montagem e detalhes construtivos.

Estudo de caso D

O projeto das fachadas foi desenvolvido pelos projetistas de arquitetura a partir da etapa de anteprojeto, dissociado dos outros projetos. A atividade de compatibilização somente ocorreu na etapa de preparação da execução das obras.

As exigências de desempenho começaram a ser discutidas já na etapa de diagnóstico e estudos preliminares, quando se buscou analisar a viabilidade técnica da reabilitação sem alterar as características arquitetônicas das fachadas originais (Figura 59). Na etapa de anteprojeto, tais exigências foram traduzidas em critérios. A Tabela 41 resume os requisitos e critérios de desempenho adotados para o subsistema fachada deste empreendimento, e também mostra quais os meios definidos para comprovar o atendimento a tais exigências.

Figura 59 – Protótipo dos painéis: diferença estética quase imperceptível entre os painéis novos e antigos – Setor Oeste (caso D)

Tabela 41 – Critérios de desempenho das fachadas em painéis pré-fabricados (caso D)

Nº	Requisito	Critérios especificados para o empreendimento – caso C	Comprovação das exigências
1	Resistência ao vento	pressão de vento segundo a AFNOR P06/ NV 65, deformação admissível 1/200, máximo 15,0mm*	cálculo apresentado pelo fabricante e avaliado pelo controlador técnico, coordenador de projetos e escritório de fachadas
2	Estanqueidade ao ar	penetração de ar menor que 0,5 m ³ /mxh sob pressão de 300Pa (Classe A ₂) *	relatório de ensaios realizado sobre protótipo
3	Estanqueidade à água	estanque sob vazão de água de 2,0 litros/minuto/m ² a uma pressão maior que 300Pa (Classe E ₄)	relatório de ensaios realizado sobre protótipo
4	Isolamento acústico (Diferença Padronizada de Nível Ponderada)	38dB 30 dB (corredores de circulação entre edifícios)	realização de ensaio <i>in loco</i> após término das obras
5	Isolamento térmico	1,7 w/m ² K (coeficiente para os painéis de fachada)	análise de projeto e relatório de simulação computacional
6	Eficiência energética	fator solar (32%)	vidros com certificado CEKAL
7	Segurança contra incêndio	dificuldade de propagação de chamas e fumaça: regra C+D >=1,0m	análise de projeto e verificação <i>in loco</i> pelo coordenador de projetos, escritório de fachadas e controlador técnico
8	Durabilidade e manutenção	projeto “As Built” e plano de manutenção, no qual se estabelecia períodos mínimos para a realização de operações de	análise do plano de manutenção pelos coordenadores de projetos e empreendedor

		manutenção nas fachadas, incluindo diretrizes de como fazê- las	
--	--	---	--

A partir da etapa dos anteprojetos, os projetos executivos foram desenvolvidos pelo próprio fabricante dos painéis pré-fabricados de fachada. Até o CCTP (Caderno de Cláusulas Técnicas Particulares – memorial construtivo e caderno de encargos) foi desenvolvido pelo fabricante. Além disso, na etapa de preparação da execução das obras, o fabricante deveria fornecer: o detalhamento construtivo, o projeto para produção (metodologia de instalação) e o planejamento da instalação e da entrega dos painéis, ajustado com o planejamento operacional do OPC. Entretanto, todos esses projetos sempre eram avaliados pelo coordenador de projetos, que buscava garantir o cumprimento dos requisitos estéticos e funcionais inicialmente estabelecidos.

4.2.4 Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes

Estudo de caso C

A Tabela 42 resume as tecnologias empregadas nas operações de reabilitação e renovação das fachadas, mostra a especificação de projeto com relação aos componentes e quais os documentos utilizados para comprovar o atendimento a essas especificações.

Tabela 42 – Tecnologia e conformidade dos componentes das fachadas – Estudo de caso C

Localização da fachada/ lote		Tecnologia empregada na renovação	Exigência de conformidade dos componentes	Comprovação das exigências estabelecidas em projeto
01	Fachada externa do edifício B1 (pavimento térreo)	revestimento não aderido em placas de pedra fixado à parede existente através de uma estrutura secundária metálica. Dessa forma, a fachada renovada era constituída de: parede existente, isolante (placa de poliestireno extrudado) colado à parede existente; camada de ar ventilada de 2cm e placas de pedra de 3cm	1) pedra: dimensões e homogeneidade de cor 2) perfis da estrutura secundária em aço inoxidável pré-pintado, cuja espessura do perfil deve suportar as cargas de vento e não sofrerem deformações maiores que $L/400$, onde L é vão livre do perfil	1) pedra: ficha de produto 2) estrutura secundária: cálculo das dimensões dos perfis e ficha do produto
02	Fachadas internas: pátios dos edifícios B1 e B2 (pavimento térreo)			
03	Fachada externa do edifício B2 (1º pavimento ao térreo)	revestimento não aderido em placas de madeira fixado à parede existente através de uma estrutura secundária em madeira. Dessa forma, a fachada renovada é constituída de parede existente, camada de ar ventilada de 2,0cm e placas de madeira	Projeto e execução conforme documento de referência CSTB CPT 3316 ⁵⁴	não especificado
04	Fachada interna: pátio do edifício A (pavimento térreo)	fachada envidraçada constituída de: estrutura metálica em aço galvanizado pré-pintado; peças de fixação em aço inox; e placas de vidro insulado	1) perfis da estrutura metálica: durabilidade (proteção contra corrosão) 2) placas de vidro: resistência a choques de 1200 Joules e resistência ao fogo (para-flamas) de 30 minutos	1) pintura dos perfis da estrutura: certificado Qualicoat; 2) relatório de ensaio de choque do protótipo da fachada envidraçada

⁵⁴ CSTB CPT 3316 - Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité : Règles générales de conception et de mise en œuvre (2001).

Estudo de caso D

O projeto de renovação das fachadas do empreendimento de reabilitação D considerou um conjunto de painéis pré-fabricados, os quais foram fixados às lajes através de insertos metálicos. Os painéis são constituídos de três partes:

- quadros estruturantes em perfis tubulares de alumínio, com tratamento anticorrosão, e perfis em poliamida inseridos entre os perfis de alumínio para evitar pontes térmicas;
- parte inferior do painel com 1m de altura, a qual tem também função de guarda-corpo, constituída de: uma placa cimentícia estruturada com fibras de vidro (CCV – *ciment composite verre*) de 14mm de espessura na cor branca, fixada diretamente sobre os perfis de alumínio; uma camada de ar de 30mm; um isolante em lã de rocha de 75mm; e uma placa de aço galvanizado;
- parte superior: placa de vidro insulado formado por vidros laminados.

A Tabela 43 apresenta resumidamente as exigências de conformidade estabelecidas em projeto para os componentes que constituíam os painéis de fachada, bem como a maneira estabelecida para comprová-las.

Tabela 43 – Exigência e comprovação de conformidade dos componentes que constituem os painéis pré-fabricados das fachadas – caso D

Item	Componentes	Exigências	Comprovação da conformidade
1	perfis que estruturam o painel	perfis de alumínio extrudado com tratamento anticorrosão	certificado Qualicoat – tratamento anticorrosão
2	painel de vidro insulado	garantia de 10 anos com relação à: estanqueidade; coeficiente Ug, cor, aspecto, transparência, fator solar, índice de redução sonora e tolerâncias geométricas	certificado de qualidade CEKAL
3	perfis de poliamida para interrupção de ponte térmica	Durabilidade e resistência ao rasgamento	certificado CSTBat
4	placa cimentícia com fibra de vidro	durabilidade e resistência	<i>Avis Technique</i>
5	dispositivos de fixação	aço inoxidável de qualidade	não especificado
6	isolante em placas de lã de rocha	espessura 75,0mm; densidade 70kg/m ³	não especificado

4.2.5 Problemas identificados na fase de execução das fachadas

Não foi possível acompanhar a execução das obras do empreendimento de renovação do caso C, pois quando o estudo foi iniciado, as obras estavam praticamente terminadas. Entretanto, em função das conversas mantidas com agentes da construtora e com o próprio coordenador de projetos, foi possível identificar a ocorrência de problemas na etapa de execução em função de informações equivocadas de projeto; isto é, quando os projetos foram refeitos com as medidas reais na etapa de diagnóstico, cometeu-se um erro no momento de descrever as dimensões das janelas dos pátios internos, ou seja, indicou-se uma dimensão quase 10cm maior do que a real. Essas dimensões não foram conferidas em nenhuma das etapas de projeto. Assim, as janelas foram compradas com dimensões maiores que os seus vãos. Essa incompatibilidade entre dimensões somente foi percebida quando o produto foi entregue no canteiro para ser instalado, o que gerou a necessidade de escolha entre duas “soluções”: quebrar parte da parede, a fim de criar espaço para a esquadria, ou refazer as esquadrias. A primeira opção foi selecionada em função de custos.

Apesar de ser um problema aparentemente pequeno, ele gerou atrasos, custos extras e um volume de resíduos de demolição inicialmente não previsto. Acredita-se que a construtora do lote deveria, antes de ter realizado o detalhamento dos projetos, ter feito uma conferência “*in loco*” dos trabalhos, porque, em obras de reabilitação e renovação, deve existir uma maior interação entre a edificação existente e o desenvolvimento do projeto e do planejamento para execução.

Quanto à execução das obras do empreendimento de reabilitação D, a instalação dos painéis das fachadas ainda não tinha sido iniciada, quando a autora desta tese retornou ao Brasil. Houve somente a fixação de protótipos e teste da metodologia de instalação.

4.3 EMPREENDIMENTO DE CONSTRUÇÃO: BRASIL

4.3.1 Características gerais do empreendimento: Estudo de caso E

O empreendimento objeto de estudo do caso E localiza-se entre os *shoppings centers* Morumbi e Market Place, em São Paulo, e será composto de quatro torres com 240 mil m²

de área construída, cuja execução foi dividida em duas fases. A primeira fase, que compreende duas torres, está concluída. Os edifícios serão destinados a uso comercial.

Figura 60 – Vista do edifício A: Estudo de caso E

4.3.2 Gestão do processo de projeto: Estudo de caso E

Neste empreendimento foram identificados ao menos vinte e um agentes ligados ao desenvolvimento de projetos. Listam-se aqueles que têm alguma interferência com a fachada: arquitetos; projetista de estrutura; projetista de infra-estrutura e terraplanagem; projetista de instalações elétricas e hidráulicas; projetista de sistema de drenagem; projetista de sistema de ar condicionado; projetista e instaladores de sistemas de automação; fornecedor de caixilhos; consultor em transporte vertical; projetista de estrutura metálica; construtora; consultores de acústica; consultores de fachada envidraçada; consultoria de segurança contra incêndio; e projetista de vedações verticais internas.

Todos esses agentes, ligados diretamente ao desenvolvimento de projetos, bem como à construtora, foram contratados diretamente pelo empreendedor. A construtora e o escritório de arquitetura foram contratados desde o início do processo, na fase de concepção do empreendimento, e os outros projetistas foram contratados paralelamente ao desenvolvimento dos anteprojetos, com exceção do consultor de fachada envidraçada, que

também foi contratado na fase de concepção (ver esquema da Figura 61).

Figura 61 – Relação entre os agentes do processo de produção das fachadas e as etapas do processo de projeto

Neste empreendimento, em razão da complexidade, as fachadas foram tratadas como disciplinas de projeto, como instalações e ar condicionado. Na sua fase de concepção, os estudos de viabilidade foram realizados juntamente com o cliente e arquiteto, que levaram em consideração tanto aspectos econômicos quanto técnicos. Nessa fase, as exigências qualitativas do empreendimento foram definidas, e foi feita uma análise geral de normas técnicas e legislações que o projeto deveria atender.

O arquiteto foi responsável pelos estudos e definições da forma, modulação e cor, pelas atividades desenvolvidas nas etapas de estudos preliminares e anteprojeto, além de ser de sua responsabilidade a coordenação dos projetos. É interessante observar que as reuniões de compatibilização ocorriam por temas; por exemplo, um grupo discutia o projeto de fachadas e suas interfaces, outro o projeto de elétrica e suas interfaces, etc.

A partir do anteprojeto, na etapa de projeto pré-executivo (projeto básico), os desenhos e especificações passaram a ser desenvolvidos com o apoio e indicações dos consultores. Como as fachadas desse empreendimento são formadas basicamente por duas tecnologias diferentes (painéis pré-fabricados de concreto e painéis modulares em vidro), existiu um consultor para cada tecnologia, sendo o consultor dos painéis pré-fabricados de concreto o próprio fornecedor dos painéis. Observa-se que, neste empreendimento, além dos consultores das fachadas, existiu um projetista específico para as vedações internas.

Nessa etapa do processo (desenvolvimento do projeto pré-executivo), a construtora também participou das decisões de projeto. A compatibilização dos vários projetos foi realizada, também nessa etapa, pelo coordenador de projetos.

Os fornecedores dos painéis de concreto foram contratados na etapa do projeto pré-executivo, e atuaram também como consultores. Já os fornecedores dos elementos da fachada envidraçada foram contratados após o desenvolvimento do projeto pré-executivo, o qual fez parte do contrato entre construtora e fornecedor.

O projeto executivo (detalhamento) foi desenvolvido pelos fornecedores a partir do projeto pré-executivo. A aprovação do projeto executivo foi feita pelo arquiteto, pelo consultor e pela construtora. Entretanto, o recebimento dos serviços foi feito somente pela construtora, bem como a verificação do projeto “*As built*”. Esse projeto foi feito pelos fornecedores dos elementos de fachada, e basicamente era composto de: roteiro de manutenção, certificado de garantia dos elementos, cálculos realizados, relatórios de ensaios, relatório da conformidade dos componentes e desenhos atualizados, que incorporavam as alterações feitas durante o processo de projeto e execução das obras.

4.3.3 O projeto de fachadas e as exigências de desempenho: Estudo de caso E

As fachadas começaram a ser discutidas desde o início do processo (concepção do produto), sendo que uma das imposições do empreendedor foi o emprego de tecnologias industrializadas, visando a racionalidade construtiva, além de estipular o atendimento de quatro exigências de desempenho: segurança estrutural; desempenho térmico, contribuindo com a eficiência energética do edifício; isolamento acústico; e estética.

Como a eficiência energética foi um dos aspectos priorizados, até a própria forma que o edifício foi projetado acabou por contribuir com o sombreamento das fachadas. Além da

forma, foram considerados dois fatores importantes: o fator solar das fachadas envidraçadas, sendo especificados vidros com fator solar entre 0,35 e 0,40; e os elementos opacos, ou seja, além das partes envidraçadas (painéis unitizados em placas de vidro), foram projetadas partes opacas nas fachadas, resultando uma área envidraçada em torno de 50%. Essas partes opacas, constituídas de painéis pré-fabricados de concreto com acabamento em granito incorporado, apresentam boa capacidade térmica e não permitem a entrada de calor por radiação.

A segurança estrutural da fachada envidraçada foi avaliada por meio de ensaios realizados em protótipo. Já a fachada constituída de painéis de concreto foi avaliada pela análise de memoriais e cálculos. Observa-se, entretanto, que os dispositivos de fixação empregados para fixar os painéis de concreto à estrutura principal do edifício são em aço carbono pintado, o que, segundo pesquisas e dados sobre o assunto⁵⁵, não têm boa durabilidade, sendo necessária a inspeção frequente para avaliar a corrosão desses dispositivos.

Outra exigência de desempenho abordada nos projetos foi a manutenibilidade, isto é, analisou-se como seriam feitas as operações de inspeção e manutenção da fachada, sendo previstos trilhos e dispositivos para fixar equipamento de limpeza (carrinho lava-fachada). Além disso, foi exigido que um roteiro de manutenção, incluindo procedimentos, integrasse o projeto “*As built*”.

4.3.4 Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes com especificações de projeto: Estudo de caso E

Este estudo de caso tem uma peculiaridade com relação aos outros, a fachada é composta tanto por tecnologias de fachadas leves quanto por tecnologias de fachadas pesadas. Apesar das fachadas pesadas não serem escopo deste trabalho, serão descritas, pois a composição do leve com o pesado (fachada mista) pode ser uma tendência nas construções brasileiras de edifícios de múltiplos pavimentos que priorizarem economia de energia. Assim, basicamente, foram projetadas três tecnologias para comporem as fachadas do

⁵⁵ CBCA (2003); IPT (2001); PANNONI (2001).

empreendimento objeto deste estudo de caso:

- painéis modulares de vidro: placas de vidro fixadas por meio de silicone estrutural sobre quadros metálicos;
- painéis modulares com alumínio composto: placas de alumínio fixadas por meio de silicone estrutural sobre quadros metálicos;
- painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto: painéis pré-fabricados de concreto, com acabamento em placas de rocha (granito). Tais placas foram fixadas aos painéis de concreto na sua fase de fabricação, por meio de grampos metálicos.

Analisando os projetos, identificaram-se as seguintes especificações impostas pelo empreendedor e arquiteto:

- espessura diferente para as placas de vidro: 11mm para placas localizadas nos vãos, e 8mm para placas localizadas em frente de vigas;
- tonalidade e espessura do granito: o granito era recebido pela construtora que, após aceite do produto, os enviava para o fornecedor de painéis pré-fabricados de concreto;
- atestado e certificado de garantia do silicone estrutural empregado para fixar (colar) as placas de vidro e as placas metálicas aos perfis metálicos da estrutura secundária;
- atestado e certificado de garantia das placas de vidro e das placas metálicas;
- deformação máxima dos painéis de concreto (máximo encurvamento aceitável).

4.3.5 Problemas identificados na fase de execução das fachadas: Caso E

Basicamente, ocorreram três tipos de problema durante a execução das fachadas: o primeiro foi relativo à logística da obra e à interface entre serviços, gerando atrasos no cronograma e a necessidade de montar a fachada durante a noite.

O segundo problema referiu-se a informações não congruentes no projeto de caixilhos e de painéis de concreto (problemas de interface), pois a locação dos caixilhos e dos painéis de concreto não foi coerente com o alinhamento esperado; consequentemente, ocorreram

desvios de alinhamento que foram corrigidos na obra, gerando retrabalhos e atrasos no cronograma de montagem. O desvio de alinhamento aceitável para o empreendedor era da ordem de 1cm; entretanto, essa tolerância não foi especificada em projeto, nem em contrato com os montadores, tendo a construtora que coordenar as ações corretivas.

O terceiro problema referiu-se também a problemas de alinhamento que ocorreram na fachada envidraçada, particularmente nas placas de vidro localizadas em frente às vigas.

Analisando os três problemas, conclui-se que o primeiro foi gerado em razão de falhas na integração do planejamento da produção da fachada com dos outros subsistemas. Já os dois outros problemas ocorreram, entre outros fatores, por falta de especificação de critérios de aceitação de serviços, os quais deveriam ter sido estabelecidos em projeto e integrar cláusulas contratuais.

4.4 EMPREENDIMENTO DE RENOVAÇÃO: BRASIL

4.4.1 Características gerais do empreendimento: Estudo de caso F

O estudo de caso F localiza-se na Avenida Paulista, na cidade de São Paulo. O objetivo deste projeto foi o de renovar a fachada do empreendimento que abrigava escritórios.

Este empreendimento era composto por um edifício de doze pavimentos, construído em meados da década de 70. A tecnologia empregada na época foi a de placas de vidro encaixilhadas em perfis metálicos.

O projeto de renovação das fachadas objetivou incrementar a estética das fachadas e, consequentemente, agregar valor comercial ao empreendimento, reduzir problemas de infiltração de água e incrementar a resistência estrutural e estabilidade dos perfis metálicos e das fixações da estrutura secundária. A tecnologia empregada para renovar a fachada tem o conceito de “nada demolir”, e sim revestir (encobrir) toda a caixilharia existente com novos perfis de alumínio, resultando no aproveitamento da estrutura e dos vidros pré-existentes. Além disso, foram incorporadas placas de alumínio em partes da fachada frontal (revestimento não aderido). Essas placas foram fixadas às paredes existentes através de uma estrutura secundária constituída de perfis de aço laminado e pintado. A Figura 62 e a Figura 63 ilustram as fachadas antes e após a renovação.

Figura 62 – Vista do edifício antes da renovação: caso F

Figura 63 – Vista do edifício após a renovação: caso F

4.4.2 Gestão do processo de projeto: Estudo de caso F

Os principais agentes da renovação do caso F foram: o empreendedor, o arquiteto, o construtor, o consultor de fachadas e o fabricante de esquadrias, conforme Figura 64.

Legenda

	Contratante principal
	Contratado pelo contratante principal
	Contratado pelo contratante secundário – subcontratado

Figura 64 – Esquema da relação contratual e funcional entre os agentes do processo (caso F)

O construtor atuou como gerenciador deste processo de renovação desde o início da fase de projeto e foi o responsável pelas obras de recuperação de partes da fachada em concreto. O fabricante de esquadrias atuou como fornecedor e instalador dos componentes da fachada, além de responsável pelo detalhamento dos projetos da fachada envidraçada.

O consultor de fachadas foi o responsável por desenvolver a etapa de diagnóstico, com o objetivo de analisar o estado de conservação da fachada com relação ao desempenho estrutural, estanqueidade à água e estética. Entretanto, o desenvolvimento dessa etapa foi realizado de modo pontual, pois alguns aspectos não foram considerados, como por exemplo, possibilidades de incremento de desempenho térmico e eficiência energética, compatibilidade da fachada renovada com a nova legislação do corpo de bombeiros, entre outros. A Tabela 44 ilustra as etapas de projeto desenvolvidas neste processo de renovação, os produtos de cada etapa e os agentes responsáveis.

Tabela 44 – Etapas de projeto, seus produtos, conteúdos e agentes responsáveis

Etapa	Produto da etapa	Conteúdo	Agentes participantes da etapa
Diagnóstico	Representação gráfica do edifício	Plantas e Vistas geométricas do edifício, em função da não existência de um projeto “As Built”	Arquiteto
	Relatório Técnico	Considerações técnicas sobre o estado de conservação (desempenho) do imóvel	Consultor de fachadas
	Estudo de viabilidade técnico-econômica	Estudos de viabilidade técnica e econômica	Empreendedor/ Arquiteto e Consultor de Fachadas
Formalização	Anteprojeto de arquitetura	Representação gráfica e especificações técnicas não detalhadas da fachada renovada. Prioridade dada para as partes que seriam revestidas com placas de alumínio	Arquiteto
	Projeto pré-executivo (projeto básico)	1- Representação gráfica dos elementos e componentes da fachada, bem como indicação de especificações técnicas. 2- Memorial descritivo: especificação de materiais e componentes, com a indicação de exigência de conformidade, como procedência e certificados de qualidade necessários	Consultor de fachadas
Detalhamento	Projeto executivo	Projetos gráficos e memórias da fachada, incluindo detalhamento de componentes e quantitativos	Fabricante de esquadrias

O Projeto pré-executivo foi desenvolvido antes da contratação do Fabricante de esquadrias. Então, tanto o projeto pré-executivo quanto o memorial descritivo fizeram parte integrante do contrato entre Fabricante de Esquadrias e Construtor. Além disso, o orçamento definitivo foi feito sobre este projeto pré-executivo. Nessa etapa, nenhuma atividade de compatibilização foi realizada; isso ocorreu somente após o desenvolvimento do projeto executivo.

Cabe observar que o projeto executivo foi feito pelo fabricante de esquadrias, que fez as devidas adaptações no projeto pré-executivo, além de algumas compatibilizações. Esse projeto foi recebido pelo consultor, que avaliou a qualidade do projeto segundo sua

experiência (método empírico), não existindo nenhum tipo de lista de verificação, nem critérios estabelecidos pelo empreendedor.

Além disso, o fabricante de esquadrias foi responsável pelo projeto e planejamento para produção das fachadas, que foi vinculado ao cronograma de fabricação e entrega dos novos perfis de alumínio no canteiro de obras.

As obras foram fiscalizadas pelo consultor, que fazia vistorias semanais para avaliar e quantificar os serviços realizados e, mensalmente, emitia relatórios técnicos com os respectivos pareceres sobre a qualidade dos serviços e as quantidades já realizadas. Os únicos critérios para recebimento dos serviços formalizados referiam-se aos desvios geométricos dos componentes de fachada.

A etapa de recepção das obras era realizada pela construtora, baseando-se, para tanto, nos relatórios do consultor.

4.4.3 O projeto de fachadas e as exigências de desempenho: Estudo de caso F

O projeto das fachadas foi desenvolvido preliminarmente pelo arquiteto, depois pelo consultor e pelo fabricante de esquadrias. As exigências de desempenho começaram a ser discutidas já na etapa de diagnóstico, na qual se buscou analisar a viabilidade técnica da realização da renovação. Entretanto, as exigências foram qualitativas e não quantitativas, não sendo, portanto, traduzidas em critérios. As exigências qualitativas foram: incremento da estética; melhora da rigidez e da resistência dos perfis com relação à cargas de vento; incremento estrutural das fixações e ancoragens; e redução de infiltração de água. Assim, o projeto e os agentes envolvidos buscaram atender a tais exigências; porém, a avaliação e aceite de projetos e serviços tornou-se difícil, visto que as exigências foram estabelecidas de forma qualitativa, não tendo meios para comprovar o seu atendimento, exceção feita aos memoriais de cálculo estrutural dos perfis da fachada e a alguns componentes descritos no memorial descritivo elaborado pelo consultor.

4.4.4 Tecnologias de fachadas e conformidade dos seus componentes: caso F

A Tabela 45 resume as tecnologias empregadas nas operações de renovação das fachadas, as exigências de projeto com relação aos componentes e os documentos utilizados para comprovar o atendimento à essas exigências.

Tabela 45 – Tecnologia e conformidade dos componentes das fachadas – Caso F

Localização da fachada/ lote		Tecnologia empregada na renovação	Exigência de conformidade dos componentes	Comprovação das exigências estabelecidas em projeto
01	Fachada (quatro lados)	revestimento não aderido em placas de alumínio: parte na cor branca, parte na cor bege	1) placas de alumínio: dimensões e homogeneidade de cor; 2) perfis da estrutura secundária: alumínio anodizado	indicar procedência do material
		perfis de aço laminado pintado, empregado como estrutura secundária	espessura e cor da pintura; espessura do perfil	dados comprovados pelo fabricante; comprovar procedência do material
		perfis de alumínio novos revestindo a caixilharia antiga;	espessura e cor da anodização; espessura do perfil;	dados comprovados pelo fabricante; comprovar procedência do material
		placas de vidro monolítico de 6,0mm (vidro Plano – pré-existente) e película	Tipo e cor da película	dados comprovados pelo fabricante

Foi aplicada uma película de controle solar no vidro pré-existente, visando incrementar o desempenho térmico e a resistência do vidro a impactos, pois, com a aplicação da película, caso o vidro quebre, seus pedaços tendem a ficar presos a ela, não se espalhando,. Essa foi uma medida paliativa que incrementou um pouco a segurança, mas não incrementou a resistência aos impactos, nem atendeu a normalização de guarda-corpos (ABNT NBR 14718, 2008).

4.4.5 Problemas identificados na fase de execução das fachadas: Caso F

Os problemas mais significativos durante a execução da obra ocorreram em função da sua localização (local movimentado e com horário de carga e descarga restrito) e da ocupação do edifício, ou seja, o edifício continuou ocupado, os escritórios funcionando e as pessoas circulando durante as operações de renovação. Em função disso, diversas vezes a obra precisou ser paralisada, além de ter causado preocupação constante com relação às questões de segurança dos usuários e passantes. Porém, esses problemas poderiam ter sido minimizados se o planejamento para a produção tivesse sido melhor desenvolvido, considerando todas as interfaces com a produção da obra.

4.5 OUTROS ESTUDOS DE CASO

Este item objetiva mostrar outros três estudos de caso que foram realizados durante o desenvolvimento desta tese; porém, por diversas razões, tiveram métodos de estudo, resultados e análises diferentes dos anteriormente apresentados. No entanto, apresentam-se esses estudos com o objetivo de ressaltar ainda mais as características do processo de projeto de fachadas no Brasil. A Figura 65, Figura 66 e Figura 67 apresentadas a seguir, mostram as fachadas desses três casos. A tabela 46 resume o resultado da análise de cada um desses estudos.

Figura 65 – Fachada do edifício, antes e após renovação (Estudo de caso G)

Figura 66 – Fachada durante execução (caso H)

Figura 67 – Fachada antes da renovação (caso I)

Tabela 46 – Descrição resumida de outros estudos de caso

Características/estudos	Caso G – empreendimento de renovação: renovação da fachada	Caso H – empreendimento de construção	Caso I – empreendimento de reabilitação : reabilitação da fachada
Características gerais do empreendimento	Edifício residencial de múltiplos pavimentos localizado na região metropolitana de São Paulo e construído em meados da década de 70. O objetivo da sua renovação foi o de agregar valor comercial e, consequentemente, incrementar suas qualidades estéticas. O processo de renovação iniciou-se em meados do ano 2003, e foi finalizado em 2005	O empreendimento localiza-se na região metropolitana de São Paulo e foi construído entre os anos de 2002 e 2003. O edifício de múltiplos pavimentos foi construído para abrigar um hotel	O edifício comercial de múltiplos pavimentos (quarenta) localiza-se na região central da cidade de São Paulo e foi construído na década de 60. Pela sua localização geográfica e importância histórica, não pode sofrer alterações significativas no estilo arquitetônico das fachadas. Desta forma, optou-se por alterar as tecnologias empregadas, porém mantendo as características arquitetônicas originais. O processo de reabilitação iniciou-se em meados do ano 2005, e foi finalizado em 2008
Gestão do processo de projeto	A etapa de concepção foi feita pelos próprios condôminos, os quais não tinham condição técnica para estabelecer um programa de necessidades para o empreendimento. A etapa de diagnóstico foi realizada de forma superficial, analisando-se basicamente a segurança estrutural do edifício. Por isso, foi decidido que a nova fachada seria feita em componentes leves, fixados à	A concepção do produto foi feita pelos investidores; porém, o programa de necessidades considera somente aspectos estéticos e de forma. O desenvolvimento do produto até a etapa de aprovação foi realizada pelo arquiteto, sem envolver outros agentes. A fachada do edifício foi projetada para uma tecnologia e, posteriormente, modificada. A partir da etapa de	O processo de projeto iniciou-se pela etapa de diagnóstico, a qual foi realizada por um especialista. O anteprojeto foi desenvolvido pelo próprio construtor e empreendedor (representante dos condôminos), e não existiu a figura do arquiteto. O projeto detalhado e o projeto para produção foram inadequadamente desenvolvidos, resultando em decisões tomadas durante a execução das obras

	<p>parede existente, buscando não realizar demolições para não gerar resíduos e para não alterar a estabilidade global do edifício.</p> <p>Não houve, na fase de projeto, nenhuma preocupação em melhorar desempenhos (térmicos, acústicos, etc.).</p> <p>O projeto para produção não foi adequadamente desenvolvido, o que resultou em soluções pontuais e momentâneas.</p>	<p>detalhamento, os fornecedores da tecnologia de fachada selecionada começaram a participar do processo.</p> <p>Entretanto, a arquitetura do edifício já estava concebida e aprovada pelos órgãos competentes, e a tecnologia teve que se adaptar ao projeto de arquitetura.</p> <p>Além disso, em função dos problemas identificados na fase de execução, conclui-se que o projeto para produção não foi adequadamente desenvolvido</p>	
O projeto de fachadas e suas exigências	As exigências especificadas relacionaram-se exclusivamente ao controle de tolerância de montagem	Identificaram-se especificações com relação à segurança estrutural, segurança contra incêndio e estanqueidade à água. Esta última, somente de forma qualitativa	<p>O projeto das fachadas, além dos aspectos de montagem, considerou essencialmente aspectos estéticos. Por exemplo, a segurança contra incêndio, requisito de desempenho apontado como problemático pelo diagnóstico, pois não estava adequado à legislação vigente, não foi contemplado nos projetos executivos.</p> <p>Além disso, outros aspectos como eficiência energética e desempenho acústico, também não foram considerados</p>
Tecnologia de fachadas e conformidade dos seus componentes	O edifício, originalmente, não tinha terraços e era revestido com placas	A fachada foi composta de painéis pré-fabricados tipo “sanduíche” com	Dois tipos de tecnologias foram projetadas e empregadas: fachada

	<p>de granito. Após passar por essa renovação, em especial das suas fachadas, incorporou dois terraços e foi revestido com placas de resinas acrílicas, cujo acabamento superficial é similar ao de placas de granito. Observa-se que não existe normalização para esse tipo de produto; mesmo assim, ele foi aplicado sem a execução de ensaios e análises técnicas mais precisas</p>	<p>120 mm de espessura total, sendo constituído de 2 camadas de GRC (<i>glass fiber reinforced cement</i>) com 10 mm de espessura cada, separadas por uma placa de lã de vidro com 90 mm de espessura e uma camada de acabamento de 10 mm. Observa-se que não existe normalização para esse tipo de produto; mesmo assim, ele foi utilizado em obra sem a execução de ensaios e análises mais precisas. Esse foi um dos motivos pelas manifestações patológicas ocorridas nos elementos de fachadas após um ano de obra entregue</p>	<p>envidraçada, tipo fachada-cortina e placas de rocha fixadas à parede existente (fachada leve tipo semicortina). Como a eficiência energética não foi um requisito considerado, especificaram-se placas de vidro considerando somente aspectos estruturais. Entretanto, foram especificados dispositivos de fixação das placas de rocha em aço galvanizado, considerando a durabilidade do componente</p>
Problemas na fase de execução	<p>Um dos problemas mais importantes que teve interface com vários serviços foi a impossibilidade de fixar o novo revestimento (placas pré-fabricadas leves) na parede existente, gerando a necessidade de retirar todo o revestimento existente, consequentemente, desalinhando as esquadrias. Em razão dos problemas de construtibilidade, da baixa produtividade da mão de obra e da não uniformidade da</p>	<p>Alguns problemas ocorreram durante a fase de execução: dificuldade em fixar e alinhar os painéis na fachada, dificuldade em fixar provisoriamente tais painéis, montagem atrasada em razão do equipamento de transporte vertical atender a vários serviços, entre outros. Esses problemas são característicos de projeto e planejamento para produção não adequadamente realizado, ou</p>	<p>Baixa produtividade em razão de falhas de projeto que tiveram que ser resolvidas durante a execução da obra e das várias interferências entre as equipes de trabalho</p>

	qualidade dos componentes de fachada, a obra foi entregue com mais de um ano de atraso e o custo final praticamente dobrou com relação ao custo inicial planejado	tardiamente realizado sem a participação do fornecedor e montador da fachada	
--	---	--	--

Comparando os três estudos resumidos na tabela anterior, constata-se que, nos estudos de renovação e reabilitação (caso G e caso I), foram considerados nos projetos somente exigências com relação à estética, forma e segurança estrutural. Além disso, em ambos os estudos, o projeto executivo e o projeto para produção não foram adequadamente desenvolvidos, resultando em decisões pontuais e momentâneas feitas durante a execução das obras, o que reduziu a produtividade da execução dos serviços, gerando aumento de custos.

No estudo relativo ao empreendimento de construção (caso H), tanto a segurança estrutural quanto a segurança contra incêndio foram consideradas, inclusive com critérios quantitativos; porém, outras exigências foram especificadas de forma qualitativa, dificultando o controle do seu cumprimento.

Importante observar que, nos três estudos, as especificações de projeto com relação aos componentes foram renegadas e não adequadamente definidas, especialmente no que se refere aos casos G e H, onde foram utilizados componentes “inovadores” sem uma adequada avaliação técnica.

Os três estudos tiveram problemas com relação a baixa produtividade; consequentemente, ocasionando atrasos na entrega das obras e aumento de custos, em razão, entre outros, do inadequado desenvolvimento dos projetos, aliados a falta de participação dos construtores, fornecedores e montadores das fachadas no detalhamento e planejamento para a produção da obra.

4.6 ANÁLISE E DISCUSSÃO SOBRE OS ESTUDOS DE CASO

Apresenta-se, a seguir, uma análise comparativa entre os estudos de caso realizados na França e no Brasil.

Os empreendimentos na França (sejam de construção ou renovação) são divididos em lotes, os quais praticamente coincidem com os subsistemas do edifício. A fachada, pela sua complexidade, muitas vezes é dividida em mais de um lote, como nos casos A e B. Os projetos começam a ser desenvolvidos também por lotes a partir do anteprojeto. Portanto, tanto os projetos quanto a execução das obras são feitas por lotes e por construtoras especializadas; por isso, a maioria dos agentes, com exceção da construtora de cada lote, inicia sua participação no processo de produção do empreendimento a partir da fase de projeto, particularmente no anteprojeto, como nos casos A e B. A divisão da obra em lotes é vantajosa sob o ponto de vista de controle; porém, gera problemas de interfaces entre equipes e serviços, que nem sempre são fáceis de administrar, conforme observado no caso A. No Brasil, algumas obras de maior porte tendem também a serem divididas em partes, como no caso E; porém, os agentes de produção dessas partes nem sempre iniciam sua participação nas etapas iniciais de projeto.

Nos empreendimentos na França, o coordenador de projetos, o consultor de fachadas e o coordenador de obras (OPC) sempre integram a equipe da produção. Além disso, o OPC é responsável pela coordenação entre as construtoras de cada lote. Também foi observada, nos empreendimentos estudados, a existência de um caderno de cláusulas administrativas, no qual constavam exigências legais, técnicas e do empreendedor; tal caderno era peça integrante dos contratos entre os agentes. No Brasil, geralmente o consultor de fachadas lida somente com as fachadas envidraçadas e caixilhos; nos outros tipos de fachada, são os fornecedores que atuam como consultores, como nos casos E e F, dificultando a análise e solucionamento das interfaces. Além disso, muitas vezes os agentes são contratados sem ao menos saber quais são as exigências que devem cumprir (ausência de caderno de cláusulas administrativas), como observado no caso F.

A recepção da obra é também uma etapa definida na França, pois o empreendedor recebe a obra somente após o coordenador de projetos e o OPC terem aceitado o projeto “*As Built*”, e

o plano de manutenção do lote. Tanto o projeto “*As Built*” quanto a recepção da obra também são feitos por lotes. Na França, a manutenção é um aspecto, geralmente, discutido em projeto; por exemplo, no caso B foi criado um lote que visava o desenvolvimento de projetos e a execução das instalações para a futura manutenção das fachadas. Já no Brasil, tanto no caso E quanto no F, a recepção da obra e do projeto “*As Built*” foi feita somente pelo construtor principal, sem a participação do coordenador de projetos. No caso F, em particular, nada foi observado com relação à manutenção da fachada.

Na França, a comprovação da conformidade dos componentes com especificações de projeto é uma atividade relevante; por exemplo, no caso A, na etapa de preparação de execução das obras, o coordenador de projetos e o OPC elaboravam uma planilha para avaliar a conformidade dos materiais e componentes recebidos em obra. O objetivo dessa planilha era deixar claro o mecanismo (forma) de avaliação de tais produtos (resultados de ensaio, certificação da qualidade etc.). Esses documentos deveriam ser apresentados pelos construtores de cada lote antes do produto ser entregue em canteiro de obras, além de que, se um componente é considerado “inovador”, dificilmente ele é empregado sem antes passar por uma avaliação de desempenho, como, por exemplo, o ATEX (Apreciação Técnica de Experimentação realizada pelo CSTB). Já no Brasil, existe a cultura de empregar componentes ou materiais “inovadores” sem a preocupação de analisar e comprovar seu desempenho ao longo dos anos, como se observa nos casos G e H. Essa prática gera problemas de durabilidade, muitas vezes, de elevado custo ao proprietário.

Observou-se também, nos estudos na França, que os requisitos de desempenho são estabelecidos pelo empreendedor e coordenador de projetos na fase de concepção do empreendimento, e a adoção dos critérios e respectivos meios para atendê-los começam a ser discutidos desde a etapa de anteprojeto. Nos cadernos de cláusulas técnicas (CCTP – *Cahier des Clauses Techniques Particulières*) específicos para cada lote, constam diretrizes de cálculo, lista de normas técnicas a serem observadas, definição das exigências de desempenho (qualitativas e quantitativas), lista de meios para comprovação da conformidade de componentes e materiais (relatório de ensaio, certificados de qualidade etc.), e tolerâncias e critérios para recepção dos serviços. Este caderno é peça integrante do contrato das construtoras de cada lote. No Brasil, geralmente existe o memorial descritivo e o caderno de encargos; porém, as informações neles contidas são superficiais se

comparadas às do CCTP.

Apesar das qualidades identificadas no processo de projeto dos empreendimentos estudados na França, problemas na fase de execução das obras também foram constatados; a maior parte deles ocorridas em razão de falhas na atividade de compatibilização de projetos e falhas de comunicação entre as construtoras dos vários lotes.

Com relação aos empreendimentos de renovação, percebe-se que, na França, uma das primeiras providências é estabelecer os objetivos da renovação, tendo a questão de desempenho, particularmente térmico e de manutenabilidade, bastante importância, como observado no caso D. No Brasil, os objetivos da renovação ainda estão ligados mais ao desempenho estético, à estanqueidade à água e à segurança estrutural, como observado no caso E.

As obras de renovação na França têm a etapa de diagnóstico bem definida, detalhada e longa. Nessa fase, as análises de viabilidade técnica são discutidas. A partir do anteprojeto, o empreendimento se desenvolve similarmente às obras de construção nova, dividindo-o também em lotes. Porém, a divisão dos lotes não necessariamente coincide com os subsistemas, mas sim com as atividades principais, como ocorreu no caso D. No Brasil, nem sempre a etapa de diagnóstico é bem desenvolvida; por isso, muitas vezes, o elevado custo da obra, gerado por falhas no desenvolvimento de projetos, pode inviabilizar as operações de renovação. No caso G, por exemplo, o custo da obra quase dobrou em razão de falhas, entre outros motivos, no desenvolvimento do diagnóstico.

Portanto, em razão do apresentado, conclui-se que os aspectos dos estudos na França que interferem na qualidade de todo o processo e podem servir de exemplo para o processo de projeto no Brasil são:

- a divisão da obra em partes, visando facilitar o desenvolvimento de projetos e seu controle de qualidade;
- a participação de vários agentes do processo da produção desde as etapas preliminares de projeto;
- a definição das exigências administrativas e técnicas que os fornecedores devem cumprir, as quais são estabelecidas em cadernos administrativos e técnicos que constam de contrato;

- a análise crítica dos projetos na etapa de interação projeto-obra (etapa de preparação de execução das obras);
- a participação dos fornecedores e montadores dos elementos de fachada no detalhamento do projeto e no projeto para produção;
- o estabelecimento de exigências de desempenho nos projetos, incluindo também exigências quantitativas (critérios). Essas exigências referem-se aos subsistemas e aos materiais e componentes;
- a especificação de documentos comprobatórios da conformidade de materiais e componentes com especificações de projeto;
- a preocupação com a vida útil projetada e a manutenção e conservação da fachada; e
- a existência da etapa de diagnóstico, definida e detalhada, para os projetos de renovação e reabilitação.

Conforme demonstrado neste capítulo e no anterior, esses aspectos podem incrementar a qualidade do processo de projeto de fachadas no Brasil; por isso, serão incorporados na metodologia proposta no Capítulo 5.

5 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PROJETO DE FACHADAS LEVES

Neste capítulo, é apresentada a metodologia para desenvolvimento e implementação do processo de projeto de fachadas leves, que baseou-se nos assuntos discutidos no Capítulo 2 (definição de fachadas leves, exigências de desempenho do subsistema “fachada” e exigências de conformidade dos componentes constituintes da fachada leve); e nas análises e conclusões dos Capítulos 3 e 4.

A metodologia proposta objetiva auxiliar o desenvolvimento do processo de projeto das vedações de fachada, particularizado para as tecnologias de fachadas leves, abordando tanto aspectos tecnológicos quanto de gestão. Os aspectos tecnológicos enfocam questões de desempenho, sendo propostos requisitos e critérios de conformidade para alguns dos componentes que formam as tecnologias de fachadas leves, bem como requisitos e critérios de desempenho para o subsistema fachada.

Com relação à gestão do processo de projeto das fachadas leves, a proposta é discutir e apresentar os produtos, serviços e conteúdos mínimos de cada etapa do processo de projeto, os principais agentes e suas atribuições, buscando identificar quais agentes desenvolvem e verificam o produto, e quais o analisam criticamente. Propõe-se fazer uma análise crítica tanto dos projetos, no final de cada uma das etapas do processo, quanto da conformidade (qualidade) da fachada e de seus componentes, na fase intermediária entre projeto e obra (fase de preparação para execução das obras). Ainda integrando os aspectos de gestão, apresenta-se uma lista de interfaces propondo-se quando e como solucioná-las. Também faz parte da metodologia proposta discutir como a seleção tecnológica da fachada deve ser conduzida, bem como analisar sua compatibilidade com as definições do programa de necessidades do empreendimento.

Nesse sentido, a apresentação da metodologia é dividida em três grupos:

- Premissas para o emprego da metodologia proposta;
- Gestão do processo de projeto de fachadas leves: atribuições dos agentes; etapas,

produtos e conteúdos do projeto; análise das interfaces; seleção tecnológica; análise crítica dos projetos de fachadas leves, e análise crítica da conformidade da fachada e de seus componentes com as especificações de projeto;

- Especificações de desempenho da fachada e de conformidade dos seus componentes.

A Tabela 47 mostra esquematicamente uma visão geral da metodologia proposta, a qual é detalhada nos itens subsequentes.

Tabela 47 – Esquema da metodologia proposta, apresentada segundo as etapas do processo de projeto de fachadas leves

Fase de produção do empreendimento	Processo de projeto		Gestão do processo de projeto			Exigências de desempenho	
	Construção	Renovação e reabilitação	Interfaces	Agentes	Análise crítica do projeto e da conformidade da fachada e de seus componentes	Requisitos de desempenho do subsistema “fachadas”	Conformidade dos componentes de fachada
	Quais os produtos e conteúdos da fase de projetos? (ver item 5.2.2)		Quais, quando e como tratar as interfaces? (ver item 5.2.3)	Quais agentes participam, em quais etapas, quais são suas atribuições? (ver item 5.2.1)	O que controlar em quais etapas? Quem controla? (ver item 5.2.5)	Quais, quando e como considerar as exigências de desempenho? (ver item 5.3.1)	Quais características dos componentes considerar, como e quando? (ver item 5.3.2)
Concepção	Idealização do produto	Idealização do produto	Interface com legislações Análises de experiências anteriores (retroalimentação)	Empreendedor	Análise crítica do projeto (ver Tabela 56)	Definição preliminar dos requisitos de desempenho prioritários	-
Projeto	Desenvolvimento do produto (estudos preliminares)	Diagnóstico	Seleção tecnológica da fachada Análises de experiências anteriores (retroalimentação)	Projetista de arquitetura Projetista de fachadas Coordenador de projetos	Análise crítica do projeto (ver Tabela 56)	-	-
	Formalização (Anteprojeto e projeto pré-executivo)	Formalização (Anteprojeto e projeto pré-executivo)	Interface com especificações de projeto e com outros subsistemas (Ver Tabela 52)	Projetista e Consultores de fachadas Coordenador de projetos	Análise crítica do projeto (ver Tabela 56)	Definição dos critérios de desempenho Desenvolvimento do CPT	Definição das características a serem exigidas para os componentes
	Detalhamento	Detalhamento	Interfaces com outros subsistemas	Projetistas e Consultores de fachada	Análise crítica do projeto	Análise crítica do atendimento às	Análise crítica do atendimento às

Preparação p/ execução				Coordenador de projetos Fornecedor dos elementos de fachada Montador de fachadas Construtora	(ver Tabela 56) Análise crítica do atendimento às exigências de conformidade da fachada e dos seus componentes (ver Tabela 57)	especificações de desempenho	especificações de conformidade
	Planejamento para produção	Planejamento para produção	Interfaces com a execução (Tabela 52)	Projetistas e Consultores de fachadas Coordenador de projetos Fornecedor e/ou Montador dos elementos de fachada Construtora	Análise crítica do projeto (ver Tabela 56)	-	-
Execução	Gerenciamento e execução das obras	Gerenciamento e execução das obras	-		Análise crítica do projeto (ver Tabela 56)	-	-
Entrega da obra e uso do empreendimento	Recepção (projeto <i>As Built</i> , plano de manutenção e Dossiê de finalização)	Recepção (projeto <i>As Built</i> , plano de manutenção e Dossiê de finalização)	Interface com serviços de limpeza	Projetistas e Consultores de fachadas Coordenador de projetos Construtora	Análise crítica do projeto (ver Tabela 56) Análise do dossiê de finalização do processo	-	-
	Gestão e manutenção do empreendimento	Gestão e manutenção do empreendimento	Interface das operações de manutenção com o uso do edifício	Construtora (engenheiro de manutenção)	Registro de eventuais falhas Análise crítica do desempenho em uso	-	-

5.1 **PREMISSAS⁵⁶ PARA O EMPREGO DA METODOLOGIA PROPOSTA**

A eficácia no emprego da metodologia proposta nesta tese está vinculada a algumas mudanças na estrutura do processo de projeto e no cumprimento de algumas condições, as quais se referem tanto à questões de especificações de projeto quanto à questões de gestão do processo.

5.1.1 **Da Gestão do processo de projeto de fachadas leves**

São propostas treze premissas relativas à gestão do processo de projeto de fachadas leves, identificadas na Tabela 48 e descritas a seguir:

Tabela 48 – Premissas com relação à gestão do processo de projeto de fachadas leves

1. divisão da obra em partes, sendo a fachada uma dessas partes
2. entendimento da fachada como disciplina de projeto
3. estabelecimento de equipe multidisciplinar para o desenvolvimento do projeto de fachadas
4. definição de atribuições para os agentes da equipe multidisciplinar
5. destaque para a importância do coordenador de projetos
6. participação dos fornecedores e montadores na etapa de detalhamento do projeto
7. análise do processo de projetos de fachadas sob as óticas de gestão e tecnologia
8. desenvolvimento de cadernos com definições administrativas e técnicas, CETA e CPT
9. desenvolvimento da etapa de diagnóstico em renovações e/ou reabilitações de fachadas
10. introdução da etapa de assistência técnica para contratação de fornecedores de fachadas
11. identificação e análise das interfaces do processo de projeto e da execução das fachadas
12. estabelecimento de parâmetros para realizar a análise crítica de projetos e aceite dos serviços

⁵⁶ Fato ou princípio que serve de base para um raciocínio ou um estudo; no caso, são princípios a base da metodologia proposta.

13. incorporação da prática de realizar retroalimentação do processo
--

1. **divisão da obra em partes:** essa divisão visa facilitar o desenvolvimento de projetos e a execução das obras. Assim, a produção do empreendimento deve ser dividida em várias partes que podem coincidir com os seus subsistemas (lote 1 – estrutura; lote 2 – fachadas; lote 3 – vedações internas; lote 4 – cobertura, etc.). Além disso, para cada lote existem agentes responsáveis tanto pelo projeto quanto pela sua execução. Para empreendimentos de renovação, o projeto e a execução das obras também devem ser divididos em partes (lotes), mas que não necessariamente coincidam com os subsistemas do edifício, e sim com os serviços a serem executados. Por exemplo, serviço de demolição; renovação de fachadas, substituição de pisos, etc;
2. **entendimento da fachada como disciplina de projeto:** mudança de estratégia quanto ao processo de projeto de um empreendimento, ou seja, a fachada deve ser entendida como uma disciplina de projeto, como por exemplo instalações; seus projetos devem ser desenvolvidos por equipe multidisciplinar. Cita-se como exemplo os projetos de vedações atualmente desenvolvidos no mercado da construção brasileira; porém, grande parte desses projetos são para aquelas vedações formadas por paredes em alvenaria;
3. **estabelecimento de equipe multidisciplinar:** integram essa equipe multidisciplinar: empreendedor e assistentes; equipe de projetistas e consultores; coordenador de projetos, fornecedor dos elementos de fachada, construtor e montador. Os agentes dessa equipe multidisciplinar não participam necessariamente de todas as fases e etapas do processo de produção do edifício e da fachada, conforme mostra Tabela 50. Quanto à equipe de projetistas, essa precisa ser formada por agentes com conhecimentos e atribuições diversas; para o caso, são dois os principais tipos de atribuições: 1 - aquelas ligadas à criação do edifício, estabelecimento da sua forma e volumetria, estabelecimentos de padrões estéticos, entre outros, cujos agentes responsáveis por essas atribuições são denominados, nesta tese, de projetistas de arquitetura; e 2 - aquelas atribuições relativas às especificações das características e desempenho da tecnologia de fachada a ser selecionada, bem como definições e

soluções das interfaces, tanto de projeto quanto de execução dos elementos dessa fachada, propondo-se denominar esse agente de projetista ou consultor de fachada. Observa-se que a proposta não é definir quem são esses agentes, e sim definir suas atribuições, pois tais agentes podem ser os arquitetos, engenheiros, desenhistas industriais, entre outros. Nos empreendimentos de renovação, propõe-se também a participação de um agente, aqui denominado de patologista, cujas atribuições são as de identificar e solucionar as patologias existentes na fachada, a fim de possibilitar a renovação;

4. **definição de atribuições para os agentes da equipe multidisciplinar:** as contratações e escopo de trabalho dos agentes devem ser decididos na fase de concepção do empreendimento e formalizados em documento próprio (caderno de encargos técnico-administrativos – CETA). Esse documento sintetiza as atribuições e responsabilidades dos agentes, prazo para execução e entrega dos serviços, multas, garantias, assistência técnica, etc., e deve ser elaborado na fase de concepção do empreendimento, pelo empreendedor e assistentes, e, eventualmente, com auxílio do coordenador de projetos.
5. **importância do coordenador de projetos:** a importância do coordenador de projetos deve ser destacada, pois será ele quem participará de praticamente todo o processo de produção do empreendimento. O coordenador de projetos que participa do desenvolvimento do projeto de vedações de fachada é o mesmo agente que coordena os processos de projeto do empreendimento.
6. **participação dos fornecedores e montadores da fachada na etapa de detalhamento de projeto:** os agentes responsáveis pela montagem e/ou fornecimento dos elementos de fachadas (que não necessariamente é a construtora) e a construtora participam do detalhamento dos projetos de fachada (tanto do projeto do produto quanto do projeto para produção);
7. **análise do processo de projetos de fachadas sob as óticas de gestão e tecnologia:** a análise do processo de projeto de fachadas desde as etapas preliminares deve considerar duas óticas: tecnologia e gestão, lembrando que, para facilitar, esses dois pontos devem, em princípio, ser analisados separadamente, para

depois serem associados. Pois, por exemplo, quando se seleciona uma tecnologia de fachada para um edifício, deve-se analisar aspectos tecnológicos, como conformidade dos componentes com normas técnicas e aspectos de montagem. Mas, também, deve-se analisar aspectos de gestão, tais como: quem são os agentes de projeto e de execução, qual o método a ser adotado para avaliar os projetos e a execução, entre outros;

8. **desenvolvimento de cadernos com definições administrativas e técnicas:** desenvolvimento, além do Caderno de Encargos Técnico-Administrativos (CETA), do Caderno de Prescrições Técnicas (CPT). Ambos os cadernos devem integrar os contratos entre os agentes. Basicamente, no CETA constam definições relativas aos agentes, e no CPT constam definições técnicas relativas ao subsistema (lote), no caso de fachada, e relativas à tecnologia construtiva. O CPT sintetiza as diretrizes de cálculo, lista de normas técnicas, definição das exigências de desempenho (qualitativas e quantitativas) da fachada, definição dos requisitos de conformidade dos componentes da fachada, identificação dos métodos para comprovação da conformidade dos elementos de fachada e de seus componentes (relatório de ensaio, certificados de qualidade, etc.), e definição de tolerâncias e critérios de qualidade para direcionar a montagem e recepção dos serviços (fachada pronta). O CPT deve ser desenvolvido pelo projetista, ou consultor, de fachada, com o apoio do coordenador de projetos, na etapa de formalização (projeto básico), e ser elaborado antes da contratação dos fornecedores/montadores de fachada, pois deve integrar o contrato entre empreendedor/construtor/ fornecedor.
9. **desenvolvimento da etapa de diagnóstico em renovações e/ou reabilitações:** essa etapa objetiva estudar: 1 - a história do imóvel, incluindo análises de projetos da época da construção e de intervenções realizadas, bem como informações a respeito de materiais e componentes utilizados; e 2 - avaliar se o imóvel é, ou não, considerado patrimônio histórico, e quais as possibilidades existentes com relação às possíveis modificações arquitetônicas. Também é necessário diagnosticar o estado de conservação do imóvel a ser renovado, ou reabilitado, com relação às normas e legislações vigentes, especialmente de segurança e salubridade e, finalmente, analisar a viabilidade técnico-econômica do futuro projeto. Caso essa etapa não seja

adequadamente desenvolvida, a produção do empreendimento pode ser comprometida, tanto com relação à qualidade técnica quanto com relação à atrasos de cronograma e aumento de custos;

10. **introdução da etapa de assistência técnica para contratação de fornecedores de fachadas:** pequena alteração das etapas do processo de projeto “tradicional”, ou seja, as etapas propostas foram baseadas nas etapas do processo de projeto comumente empregado no Brasil, apresentadas por Melhado *et. al*, 2005. Porém, propõe-se a introdução da etapa de assistência técnica (realizada pelo projetista de fachada com apoio do coordenador de projetos) para auxiliar na contratação da execução das obras, a qual faz parte de uma fase intermediária entre projeto e execução das obras (fase de preparação para execução de obras – PEO); fase essa bastante difundida na realidade francesa, que foi proposta e adaptada para o Brasil por Souza (2001). Assim, propõe-se que a etapa de detalhamento e a de planejamento para execução sejam desenvolvidas nesta fase intermediária, isso porque tais etapas têm interfaces diretas com a execução da obra, devendo, portanto, ser desenvolvidas com a participação direta do montador e fornecedor dos elementos de fachada, bem como da construtora (ver exemplo de esquema do processo de projeto proposto na Figura 68);
11. **identificação e análise das interfaces do processo:** as interfaces devem ser identificadas no início do processo de projeto e suas soluções planejadas para ocorrerem nas diversas etapas desse processo (ver exemplo na Tabela 53);
12. **estabelecimento de parâmetros para realizar a análise crítica de projetos e o aceite dos serviços:** os parâmetros para a análise crítica devem constar no CPT; portanto, no contrato entre empreendedor e agentes participantes do projeto e da montagem da fachada. A análise crítica do projeto da fachada deve ser feita no final de cada etapa do processo; e a análise crítica da conformidade dos elementos de fachada e de seus componentes com as especificações de projeto deve ser feita antes do recebimento dos elementos/componentes em obra (fase de preparação para execução das obras – PEO);

Figura 68 – Esquema do processo do projeto de fachadas

13. **incorporação da prática de realizar retroalimentação do processo:** essa prática visa implementar futuros projetos e melhorar o próprio processo em andamento. A retroalimentação deve acontecer tanto no final do processo de produção da fachada quanto nas suas diversas etapas. Ao final do processo, todas as alterações e aprendizados ocorridos no decorrer do processo devem ser organizados e sintetizados em documento, objetivando formalizar alterações e garantir fonte de consulta e ajuda para empreendimentos futuros. Importante ressaltar a importância de realizar retroalimentação na fase de uso e operação do empreendimento.

5.1.2 Das especificações do projeto de fachadas leves

São propostas cinco premissas relativas às especificações tecnológicas dos projetos de fachadas leves, identificadas na Tabela 49 e descritas a seguir.

Tabela 49 – Premissas com relação às especificações de projeto de fachadas leves

1. prioridade em definir exigências de desempenho das fachadas
2. prioridade em definir as características dos componentes que formam as fachadas leves
3. estabelecimento de vida útil de projeto para as fachadas leves
4. previsão de manutenções preventivas
5. obrigatoriedade em avaliar “produtos” inovadores

1. **prioridade em definir exigências de desempenho das fachadas:** os requisitos de desempenho devem ser encarados como prioritários, sendo considerados desde o início do processo como parte das decisões estratégicas. Para tratar dos requisitos de desempenho, propõe-se organizá-los em quatro grupos: estética, segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Para o caso de renovação de fachadas, as exigências de desempenho somente devem ser definidas após a conclusão da etapa de diagnóstico, na qual se terá concluído o estudo sobre o estado da vedação existente e o que deve ser implementado;
2. **prioridade em definir as características dos componentes que formam as fachadas leves:** prioriza-se a definição das características (conformidade com documentos de referência) que os componentes de fachada leve devem apresentar. As características consideradas importantes para serem especificadas são aquelas que, de alguma forma, afetam o desempenho do elemento de fachada;
3. **estabelecimento da vida útil de projeto (VUP) da fachada:** a VUP deve ser definida no programa de necessidades do empreendimento, ou então deve-se adotar ao menos 40 anos – critério especificado pela ABNT NBR 15.575-1 (2008). Assim, deve-se especificar no projeto a VUP da fachada, que pode ser baseada em acordo entre cliente e projetistas, ou em normas e legislações vigentes.
4. **previsão de manutenções preventivas nas fachadas:** são essas manutenções que ajudarão a garantir a VUP, observando que a racionalização dos custos, associada às operações de manutenção e limpeza, pode ser determinante para a tecnologia a ser adotada;

5. **obrigatoriedade em avaliar “produtos” inovadores:** a avaliação do desempenho de materiais ou componentes construtivos ditos “inovadores ou “alternativos” antes de sua adoção em projeto e aplicação em obra. No Brasil, existe, desde o ano de 2007, um sistema nacional de avaliação técnica para produtos inovadores (SINAT), integrado às ações do PBQP-H (ver mais detalhes em http://www2.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php).

5.2 GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO DE FACHADAS

5.2.1 Atribuições dos agentes integrantes da equipe multidisciplinar

Conforme exposto anteriormente, em razão da complexidade do processo de produção de fachadas leves, propõe-se a formação de uma equipe multidisciplinar para o desenvolvimento dos projetos, execução ou montagem dessas fachadas. Portanto, a proposta é que integrem essa equipe multidisciplinar: empreendedor e assistentes; equipe de projetistas e consultores; coordenador de projetos, fornecedor dos elementos de fachada, construtor e montador. A equipe de projetistas precisa ser formada por agentes com conhecimentos e atribuições diversas; para o caso, destacam-se dois os principais tipos de atribuições:

- o aquelas ligadas à criação do edifício, estabelecimento da sua forma e volumetria, estabelecimentos de padrões estéticos, entre outros, cujos agentes responsáveis são denominados, nesta tese, de projetistas de arquitetura; e
- o aquelas atribuições relativas à especificações das características e desempenho da tecnologia de fachada a ser selecionada, bem como definições e soluções das interfaces, tanto de projeto quanto de execução dessa fachada, propondo-se denominar esse agente de projetista ou consultor de fachada.

Observa-se que a proposta não é definir quem são esses agentes, e sim definir suas atribuições, pois esses agentes podem ser arquitetos, engenheiros, desenhistas industriais, entre outros. Portanto, as principais atribuições dos agentes propostos para atuarem no processo de projeto de fachadas leves para empreendimentos em construção estão descritas a seguir.

Empreendedor e assistentes: responsável financeiro e jurídico do empreendimento, tem a função de estabelecer o programa de necessidades, analisar a viabilidade técnica do empreendimento e elaborar, com o apoio do coordenador de projetos e/ou do projetista de arquitetura, os CETAs. Também é atribuição do empreendedor a contratação dos agentes principais e a administração geral do empreendimento.

Projetista de arquitetura: responsável pela concepção e elaboração dos projetos de arquitetura da fachada, bem como pela definição das formas, volumetria e das características estéticas das fachadas do empreendimento. Esses projetistas devem participar e, eventualmente, coordenar, a seleção tecnológica da fachada, devendo ser contratados diretamente pelo empreendedor.

Projetista de fachadas: participa das discussões e desenvolve os projetos técnicos (tanto documentos gráficos quanto escritos) da fachada (lote-fachada), desde os estudos preliminares. Este profissional é responsável pelas especificações da fachada em geral (definição das características dos componentes e do desempenho da fachada), pela análise das interfaces e pela elaboração dos projetos tecnológicos. Na fase de preparação para execução das obras (PEO), ele não é o responsável direto pelo detalhamento dos projetos, mas integra a equipe juntamente com os fornecedores e montadores, apoiando nas atividades de análise crítica dos projetos, podendo ser contratado pelo empreendedor ou pelo projetista de arquitetura.

Consultor de fachadas: auxilia o projetista de fachadas na elaboração dos projetos. Atualmente, no Brasil, existe o consultor de fachada envidraçada, mas a proposta é que o consultor de fachadas seja um profissional que entenda das várias tecnologias de fachada, não somente a envidraçada, e tenha experiência para identificar e solucionar os problemas de interfaces tanto de projeto quanto de execução das várias tecnologias de fachadas leves, ou mistas. A proposta é que esse consultor tenha uma ação colaborativa e participe de todo o processo de projeto, desde as etapas preliminares. O consultor de fachadas deve ser contratado pelo empreendedor ou pelo projetista de arquitetura.

Coordenador de projetos: responsável por apoiar o empreendedor nas atividades relativas à definição do produto fachadas, por coordenar e auxiliar na identificação e solução de interfaces do processo, por coordenar o desenvolvimento do detalhamento do projeto,

incluindo também a coordenação para o desenvolvimento do projeto para produção, além de ser responsável pela análise sistêmica dos projetos, pois o coordenador de projetos participa de praticamente todas as fases de produção do empreendimento, conforme identificado na Tabela 50 e Tabela 51. O coordenador de projetos, com o apoio dos projetistas ou consultores de fachadas, também é responsável pela análise crítica dos projetos nas várias etapas do processo, e pela análise crítica da conformidade da fachada e dos seus componentes com as especificações de projeto (ver 5.2.3). Pode ser responsável também pela coleta de informações para retroalimentar o processo. Informações mais detalhadas sobre as responsabilidades e funções do coordenador de projetos são encontradas em: Manual de Escopo de Serviço para coordenação de projetos AGESC:2008; Melhado *et. al*, 2005, Melhado *et. al*, 2004, entre outros. O coordenador de projetos pode ser um membro da equipe de projetos, ou um agente contratado pelo empreendedor para atuar como coordenador. Observa-se que o coordenador de projetos que participa do desenvolvimento do projeto de fachada é o mesmo agente que coordena os processos de projeto do empreendimento;

Fornecedores/Montadores dos elementos/componentes de fachada: esses profissionais, além do fornecimento e montagem dos elementos de fachada, são responsáveis pelo detalhamento do projeto da fachada e pela qualidade dos elementos e da fachada pronta, bem como pela sua montagem e instalação. Os fornecedores e/ou montadores podem ser contratados pelo empreendedor ou pela construtora;

Construtora: a construtora, independentemente de ser, ou não, responsável pela montagem da fachada, é responsável pela execução de várias partes do empreendimento e pela coordenação dos serviços no canteiro de obras. Por isso, ela deve participar das discussões dos projetos, especialmente na etapa de detalhamento, pois o projeto para produção das fachadas tem grande interface com o canteiro de obras e com a execução de outros subsistemas.

A Figura 69 e Figura 70 mostram duas configurações de relações contratuais e funcionais entre os agentes do processo de construção de fachadas leves propostos. Essas configurações são mostradas como exemplo, pois podem existir vários tipos; isso depende do empreendimento, complexidade dos serviços, quantidade de agentes, entre outros.

Figura 69 – Relação contratual e funcional entre os agentes – alternativa a

Figura 70 – Relação contratual e funcional entre os agentes – alternativa b

No caso de renovação ou reabilitação de fachadas, o projetista de arquitetura e o projetista de fachadas têm outras funções, além das descritas anteriormente;

Projetista de arquitetura: analisar a história do imóvel, incluindo análises de projetos da época da construção e de outras intervenções realizadas, bem como informações a respeito de materiais e componentes utilizados nas fachadas do empreendimento na época da construção, ou da última renovação, devendo auxiliar no estudo de viabilidade no que diz respeito às limitações impostas a patrimônios históricos, compatibilidades arquitetônicas de diferentes épocas, entre outras.

Projetista de fachadas: fazer o levantamento geométrico das fachadas, materializando tais levantamentos em desenhos gráficos: plantas, cortes e vistas das fachadas, antes do início das operações de reabilitação e/ou renovação. Além das plantas, esse projetista deve elaborar memorial contendo descrição detalhada das tecnologias adotadas nas fachadas.

O projetista de fachadas é responsável também por estudar as condições de desempenho das fachadas existentes, visando fornecer informações que possibilitem a análise da viabilidade técnica da realização do projeto de renovação ou reabilitação. Caso seja necessário, se propõe também a participação de outro agente, aqui denominado de especialista em patologias de edificações.

Especialista em patologias de edificações: é responsável por identificar, diagnosticar e solucionar as patologias existentes na fachada a ser renovada, analisando a possibilidade/viabilidade de realizar a renovação, e estabelecendo limitações e restrições com relação a tecnologia de fachada a ser solucionada.

5.2.2 O processo de projeto de vedações de fachada: etapas, serviços e conteúdos

A Tabela 50 ilustra as fases de um empreendimento em construção, bem como as etapas, serviços e conteúdos propostos para desenvolvimento de um projeto de fachada.

As etapas propostas foram baseadas nas etapas do processo de projeto comumente empregado no Brasil, apresentadas por Melhado *et. al*, 2005. Porém, conforme anteriormente exposto no item 5.1, foi proposta a introdução da etapa de assistência técnica para contratação da execução das obras e o deslocamento do desenvolvimento da etapa de detalhamento para a fase intermediária entre projeto e obra (PEO), pois essas etapas têm

interfaces diretas com a execução da obra, devendo, portanto, ser desenvolvidas com a participação direta do montador e/ou fornecedor dos elementos de fachada, bem como da construtora. Para tanto, é preciso que o construtor ou montador da fachada já tenha sido contratado; por isso, essas etapas ocorrem após a etapa de assistência à contratação da execução das obras.

Em cada uma das etapas propõem-se serviços ou produtos específicos, ou seja, um documento gráfico ou escrito, no qual seu conteúdo mínimo seja pré-definido conforme apresentado na Tabela 50. Também identifica-se, nessa tabela, em quais etapas do processo cada um dos agentes participa. A definição prévia do produto e do seu respectivo conteúdo é fundamental para possibilitar uma adequada verificação e análise crítica dos projetos.

Tabela 50 – Fases, Etapas, produtos e conteúdos de um projeto de fachadas (construção)

Fase	Etapas/Produtos/Conteúdos/Agentes atuantes			
	Etapas	Produtos/ Serviços	Conteúdo/Objetivo	Agentes participantes
Concepção do empreendimento	Idealização do produto	Levantamento de dados	Levantar um conjunto de informações jurídicas, legais e técnicas que determinam as restrições e possibilidades que regem e limitam o produto fachada pretendido	Empreendedor; Coordenador de projetos; Projetista de arquitetura
		Definições preliminares	Definir os objetivos do empreendimento: uso, classe social a que se destina, padrões e acabamentos pretendidos, etc. (as definições dos padrões e acabamentos interferem diretamente no projeto de fachadas)	
		Programa de necessidades e prioridades	Definir os aspectos geométricos como quantidade de pavimentos, área projetada, etc.; definições com relação às exigências (qualitativas) de desempenho: estética, acústica, segurança, eficiência energética, etc. (o desenvolvimento de projetos, inclusive o da fachada, deve basear-se na definição do programa de necessidades e prioridades)	
		Estudo de viabilidade técnica preliminar	Avaliar a viabilidade técnica de atender o programa de necessidades. Considerar interfaces com legislações e restrições técnicas e legais	
		Definições administrativas (elaboração de modelo de caderno de encargos técnicos e administrativos)	Definir responsabilidades de cada agente, prazo para execução do serviço, multas, garantias, assistência técnica, etc. O modelo deste caderno deve ser utilizado para desenvolver um caderno para cada contrato específico. Por exemplo, elabora-se caderno de cláusulas administrativas para constar no contrato do fornecedor dos elementos de fachada	Empreendedor; Coordenador de projetos
Desenvolvimento de projetos	Desenvolvimento do produto (Estudos Preliminares)	Estudo preliminar	Formular a fachada segundo as exigências do programa de necessidades estabelecido pelo cliente (definir preliminarmente o produto a projetar), e levar em conta outras experiências (análise de Dossiê de finalização - retroalimentação do processo)	Projetista de arquitetura; Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
			Consolidar a capacidade funcional do produto, ou seja, identificar e especificar as funções técnicas dos diferentes elementos e componentes arquitetônicos a serem empregados na fachada	
			Avaliar as diferentes opções arquitetônicas e selecionar a opção “ótima”	

			Fazer uma pré-avaliação dos custos para execução do empreendimento, levando em conta algumas das alternativas propostas	
		Seleção tecnológica	Selecionar, a partir do projeto de arquitetura, a tecnologia de fachada a ser adotada, baseando-se nos requisitos estabelecidos pelo empreendedor, e em critérios que analisam benefícios técnicos, menor custo e menor risco (ver método proposto em 5.2.4)	
Desenvolvimento de projetos	Formalização / Anteprojeto	Definições dos critérios de desempenho da fachada (indicadores quantitativos)	Identificar e definir critérios para os requisitos de desempenho estabelecidos no programa de necessidades	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
		Definição dos indicadores de conformidade dos componentes	Estabelecer os indicadores de conformidade dos componentes que formam as fachadas leves	
		Memorial descritivo, explicativo e justificativo	Precisar a composição geral das fachadas (incluindo definição de tecnologias construtivas e pré-dimensionamentos)	
		Lista das interfaces (levantamento preliminar)	Fazer listagem preliminar das interfaces (considerar os quatro grupos) e também localizar em quais etapas do processo essas interfaces devem ser solucionadas (ver Tabela 52 e Tabela 53)	
		Conjunto de anteprojetos gráficos: esboços, plantas, cortes e vistas	Representar graficamente a solução adotada	
		Análise da durabilidade versus custo global	Analisar custo global da fachada selecionada, ou seja, custo de produto versus durabilidade, mais custo de operação e manutenção	
		Cronograma de execução	Estabelecer um cronograma de execução preliminar	
	Formalização / Projeto básico (ou pré-executivo)	Documento que evidencia a compatibilização do projeto com as normas pertinentes ao assunto	Consolidar a escolha dos elementos e componentes do edifício em função da compatibilidade com as legislações e normas técnicas pertinentes, especialmente relativas à salubridade e segurança, e com critérios industriais (qualidade do produto) e técnicos (desempenhos esperados)	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
		Projeto preliminar de uso e manutenção da fachada	Avaliar as interfaces com as questões de manutenibilidade, considerando equipamentos a serem empregados na limpeza das fachadas e sua instalação, acessibilidade para	

			inspeção, etc.	
		Análise de modulação	Analisar e especificar a modulação dos elementos da fachada	Projetista de arquitetura Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
Desenvolvimento de projetos		Lista das interfaces entre as soluções encontradas (compatibilização preliminar entre projetos)	Identificar as interfaces entre subsistemas, elementos e componentes existentes (interfaces técnicas e operacionais)	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
		Conjunto de projetos gráficos	Desenvolver desenhos que mostrem a solução consolidada das fachadas, identificando todos os elementos e componentes	
		Estudo das tolerâncias geométricas	Definir tolerâncias geométricas dos elementos de fachada e da fachada montada e (especificar preliminarmente tolerâncias de fabricação e montagem)	
		Caderno de prescrições técnicas (CPT)	Sintetizar as prescrições técnicas da fachada, descrever as características construtivas dos elementos de fachada e definir critérios para recebimento da fachada após montagem. Para a elaboração do CPT, é necessário realizar revisão e compatibilização das definições de projeto com as tecnologias construtivas definidas	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
		Memoriais de cálculo do elemento fachada e seus componentes	Produzir um documento que apresente o dimensionamento da fachada e dos seus componentes, inclusive mostrando atendimento aos critérios de segurança	
PEO	contratação de fornecedores/montadores	Diretriz para contratação de fornecedores e montadores dos elementos da fachada	Apoiar o empreendedor na escolha dos fornecedores/construtores da fachada (desenvolver documento que resume as exigências estabelecidas no caderno de encargos técnicos e administrativos, e no caderno de prescrições técnicas)	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos
		Contrato (fazem parte o CETA e o CPT)	Estabelecer as regras que o fornecedor deve adotar para o empreendimento em questão, no que diz respeito aos meios de produção e	Empreendedor Projetista de

			controles de aceitação de serviços e de produto (comprovação de qualidade)	fachadas; Coordenador de projetos; Fornecedor/ Montador de Fachadas
Preparação para a execução da obra - PEO	Detalhamento	Detalhamento construtivo: conjunto de projetos executivos detalhados	Completar e detalhar os projetos pré-executivos, respeitando as definições iniciais do projeto. Esse detalhamento dependerá das características do produto do fornecedor selecionado. Ratificar as tolerâncias de fabricação e montagem dos elementos de fachada	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos; Fornecedor/ Montador de Fachadas; Construtora
		Projeto para a produção, incluindo projeto do canteiro de obras e Lista das interfaces da fachada com a execução	Finalizar o estudo para a produção e estabelecer o projeto do canteiro de obras (por exemplo, local de armazenamento, acessos, equipamentos de transportes, etc.), e identificar e solucionar as interfaces com a execução/montagem da fachada com a dos outros serviços	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos;
		Compatibilização definitiva e síntese dos procedimentos	reanalizar as interfaces e definir soluções, ou seja, realizar a compatibilização entre os detalhamentos construtivos de cada subsistema que tenha interface com a fachada, bem como a síntese dos processos de produção, identificando procedimentos contraditórios e resolvendo interfaces entre equipes	Fornecedor/ Montador de Fachadas; Construtora
	Planejamento para execução	Planejamento final da execução e cronogramas físico-financeiro	Planejar a execução levando em conta as interfaces com a execução (ver tabela 3 – grupo 4); definir cronogramas-físicos definitivos	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos; Fornecedor/ Montador de Fachadas; Construtora

Gestão e execução de obras	Direção e execução dos trabalhos	Execução das obras/montagem das fachadas	Executar a obra	Projetistas de fachadas;
			Coordenar as várias atividades e empresas participantes da obra	Fornecedor/ Montador de Fachadas; Construtora
Entrega da obra e gestão do empreendimento	Recepção da obra	Memorial construtivo e projetos gráficos do que realmente foi executado na fachada (Dossiê de finalização do processo)	Fazer documento para demonstrar que a obra foi realizada conforme exigências contratuais, atualizando as informações contidas no projeto executivo que tenham sido modificadas durante a execução da obra. Nesse documento deve constar também uma análise crítica dos projetos e da execução, visando retroalimentar outros processos. Tal documento deve viabilizar futuras operações de renovação	Projetista de fachadas; Coordenador de projetos; Fornecedor/ Montador dos elementos de fachada;
		projeto de manutenção da fachada	Estabelecer projetos e planos de manutenção preventiva e corretiva	Construtora
	Gestão e manutenção	Documento de retroalimentação/ Banco de dados	Registrar eventuais falhas Analisar criticamente o desempenho da fachada durante o uso e operação do edifício	Construtora

No caso de o projeto ser destinado à renovação ou reabilitação de uma fachada, a primeira etapa da fase de projetos deve ser a etapa de diagnóstico, cujos produtos e conteúdos propostos são descritos na Tabela 51. As etapas posteriores ao diagnóstico são consideradas similares às de um empreendimento em construção, guardando suas especificidades; por isso se adotam os conteúdos propostos na Tabela 51.

Tabela 51 – Produtos e conteúdos da etapa de diagnóstico do projeto de renovação de fachadas

Fase	Etapas/Produtos/Conteúdos/Agentes atuantes			
	Etapa	Produtos	Conteúdo/Objetivo	Agentes participantes
Concepção da renovação	Idealização do produto	Definições preliminares	Estabelecer os objetivos da renovação, tendo a questão de desempenho, particularmente de segurança estrutural, estanqueidade à água, desempenho térmico e manutenibilidade, bastante importância	Empreendedor; Coordenador de projetos
Desenvolvimento de projetos	Estudos preliminares)	Dossiê histórico	Estudar a história do imóvel, também incluindo análises de projetos da época da construção e de outras intervenções realizadas, bem como informações a respeito de materiais e componentes utilizados na época da construção, ou da última reabilitação, das fachadas do empreendimento	Projetista de arquitetura
		Projeto arquitetônico do imóvel existente	Fazer plantas, cortes e vistas dos edifícios do empreendimento antes do início das operações de reabilitação e/ou renovação. Além das plantas, elaborar memorial descritivo das fachadas	Projetista de arquitetura; Projetista de fachadas;
		Diagnóstico do estado de conservação dos imóveis	Estudar as condições de desempenho dos edifícios e de seus componentes, possibilitando a análise da viabilidade técnica e econômica da realização do projeto	Coordenador de projeto
	Diagnóstico	Esboços das possibilidades do projeto de arquitetura (estudo de viabilidade)	Estudar e elaborar esboços do projeto arquitetônico, considerando as várias possibilidades de modificação do projeto existente. Esse estudo deve considerar questões arquiteturais e técnicas, além de legislações sobre a possibilidade de alterar arquitetonicamente o invólucro do edifício. Considerar interfaces com legislações e restrições técnicas e legais	Projetista de arquitetura; Projetista de fachadas Coordenador de projetos
		Seleção tecnológica	Selecionar a tecnologia a ser adotada baseando-se nos requisitos estabelecidos pelo empreendedor e em critérios que analisam benefícios técnicos, menor custo e menor risco (ver método proposto em 5.2.3.1)	Projetista de arquitetura; Projetista de fachadas; Coordenador de projetos

5.2.3 Análise das Interfaces

Problemas de interface, sejam elas físicas ou operacionais, são frequentes no processo de produção de um edifício, especialmente no caso de fachadas, visto a complexidade desse subsistema.

Por isso, propõe-se a gestão dessas interfaces. Primeiro identificando-as e, posteriormente, entendendo “como” e “quando” devem ser consideradas no processo de projeto e na execução das obras. Dessa forma, propõe-se um quadro identificando e agrupando algumas das interfaces existentes, as quais interferem no projeto, fabricação e/ou execução dos elementos de fachada. As interfaces foram organizadas em quatro diferentes grupos: interface com a decisão/seleção tecnológica da fachada, interface entre a fachada e os outros subsistemas, interface com especificações de projeto, como especificações de qualidade e desempenho, e interface com a execução (Tabela 52).

Tabela 52 – Quadro de identificação e classificação das principais interfaces do processo de projeto e da execução de fachadas leves

1 – Interface com a decisão da tecnologia de fachada (ver item 5.2.3.1)	2 - Interface entre fachada e outros subsistemas do edifício
Interface da seleção tecnológica da fachada com o programa de necessidades do empreendimento e com estudos de viabilidade técnica, os quais levam em consideração as interfaces com legislações e restrições técnicas e legais	<ul style="list-style-type: none"> - interface elementos de fachada e estrutura principal⁵⁷ - interface elemento de fachada/vedação vertical interna - interface entre os próprios elementos de fachada - interface entre elementos de fachada e esquadrias - interface entre elementos de fachada e cobertura - interface entre elementos de fachada e vedação horizontal (piso e forro); - interface entre elementos de fachada e instalações - interface com elementos de contraventamento

⁵⁷ Fixação entre elementos de fachada e estrutura pode sofrer várias interferências, especialmente em razão das diferenças de deformações entre os elementos e da capacidade do substrato em suportar os elementos de fachada.

	da estrutura principal - interface com terraços, marquises, jardineiras
3 - Interfaces com especificações de qualidade e de desempenho	4 - Interface com a execução
<ul style="list-style-type: none"> - interface com os requisitos e critérios de desempenho do subsistema fachada - interfaces com as especificações de conformidade dos componentes - interface entre tolerâncias/folgas (definição de folgas através de um método que considere tolerância de produto, da estrutura e de montagem) - interface com parâmetros de aceitação de serviço - interface das decisões de projeto com a questão da construtibilidade e manutenibilidade 	<ul style="list-style-type: none"> - interface da execução da fachada com os requisitos de segurança e saúde do trabalho - interface com o tipo de transporte vertical a ser empregado - interface com a acessibilidade, tanto para entrada dos componentes da fachada na obra, quanto da mão de obra de instalação e montagem; - interface com armazenamento - interface com a sequência de montagem e fixação - interface com a inspeção e controle dos serviços - interface com as futuras atividades de inspeção e manutenção

A partir da identificação de algumas das principais interfaces, provavelmente presentes em uma obra que empregue tecnologias de fachadas leves, faz-se necessário também identificar em que etapa do processo de projeto essas interfaces devem ser consideradas e solucionadas. Adotando-se as etapas do processo de projetos descritas na Tabela 2, propõe-se a Tabela 53, onde se faz uma correlação entre as interfaces identificadas e as etapas do processo em que essas interfaces devem ser consideradas e solucionadas. Observa-se que as correlações apresentadas na referida podem variar, para etapas posteriores, dependendo do nível de detalhamento de cada projeto.

[illegible]

seqüências de execução									
interface com o transporte vertical							X	X	
interface com a acessibilidade ao canteiro							X	X	
interface com armazenamento							X	X	
interface com a inspeção e controle dos serviços								X	
interface com a limpeza final									X

5.2.4 Seleção tecnológica da fachada

A seleção tecnológica da fachada deve ser feita considerando a análise de três aspectos:

- definição do programa de necessidades do empreendimento e, conseqüentemente, dos objetivos da fachada;
- definição de critérios da seleção tecnológica, propondo-se que sejam agrupados, conforme exposto por Souza (2003), em três tipos: critérios que avaliam os benefícios técnicos, critérios que avaliam o menor custo e critérios de menor risco; e
- definição das alternativas a serem analisadas.

Propõe-se que a seleção tecnológica seja feita utilizando ferramentas de auxílio à tomada de decisão. Uma dessas ferramentas é o método de Utilidade Multi-Atributo, o qual será empregado para exemplificar os caminhos para a seleção tecnológica de uma fachada. Sendo assim, são quatro os passos para aplicação desse método:

- definir critérios e alternativas relevantes;
- atribuir valores a cada alternativa e critério (atribuir valor 1 ao critério e à alternativa mais favorável, e 0 à menos favorável; aos critérios intermediários atribuem-se valores interpolados);
- ponderar cada critério (o mais importante deve receber peso 1, e os demais, pesos em relação ao critério mais importante);
- estabelecer o valor total de cada alternativa a partir da combinação de pesos dos critérios;

- analisar (fazer média ponderada para cada uma das alternativas) e tomar a decisão.

Conforme exposto na Tabela 50, o projetista de arquitetura e o projetista de fachadas, com o apoio do coordenador de projetos, são os responsáveis por identificar e agrupar os critérios relevantes, bem como por selecionar as alternativas tecnológicas viáveis para o empreendimento em questão. A ponderação dos critérios também é uma responsabilidade desses agentes.

A seguir, apresenta-se como exemplo um processo de seleção tecnológica cujos requisitos principais do empreendimento são: agregar valor comercial ao edifício por meio da estética da fachada, e atender a alguns requisitos de sustentabilidade, como durabilidade compatível com a VUP e redução do consumo de energia em razão da melhoria de desempenho térmico do sistema fachada. Assim, seguindo os passos do método Utilidade Multi-Atributo, identificam-se as alternativas tecnológicas possíveis e os critérios relativos a cada requisito, e atribuem-se valores a cada alternativa segundo o critério correspondente, como mostra a Tabela 54.

As alternativas tecnológicas a serem usadas como exemplos são:

Alternativa 1 – fachada formada por estrutura secundária em perfis de alumínio e elementos envidraçados (painéis de vidro);

Alternativa 2 – fachada mista, formada por estrutura secundária em perfis de aço conformado a frio (*steel frame*), elementos envidraçados e placas cimentícias com acabamento;

Alternativa 3 – fachada mista, formada por estrutura secundária em perfis de aço conformado a frio (*steel frame*), elementos envidraçados e placas de alumínio composto.

Tabela 54 – Alternativas tecnológicas, critérios de avaliação e atribuição de notas

Grupo de critérios	Crítérios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Crítérios técnicos	Desempenho térmico	0	1	0,5
	Potencial de atender a VUP	1	0,5	0,5
	Modernidade e luxo	1	0	0,5
	Cumprimento de prazo	1	0,5	0
	Atendimento aos requisitos do projeto de arquitetura	1	0	0,5
Crítérios de Custo (melhor custo provável nota 1, pior nota 0)	Custo necessário para desenvolvimento do projeto	1	0	0,5
	Custo de execução, com locação de equipamentos de transporte	0,5	0	1
	Custo de manutenção na fase de uso do edifício	0	0,5	1
Crítérios de Risco (menor risco nota 1, maior risco nota 0)	Descumprimento do prazo	0,5	0	1
	Descumprimento dos requisitos de desempenho	0	1	0,5
	Falta de capacidade dos fornecedores	0,5	0,5	0,5

Após a definição das notas para cada alternativa, atribuem-se pesos aos critérios e atinge-se uma média ponderada, conforme exemplo da Tabela 55. Ao final, calcula-se a média aritmética entre os três grupos de critérios, caso a importância de cada um seja equivalente. Se a importância de cada grupo de critérios não for equivalente, aplicam-se novamente pesos e faz-se a média ponderada.

Tabela 55 – Atribuição de pesos aos critérios, média ponderada das alternativas e decisão

Grupo de critérios	Critérios	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Critérios técnicos	Desempenho térmico	0,5	0	0,5	0,25
	Potencial de atender a VUP	1	1	0,5	0,5
	Modernidade e luxo	0,8	0,8	0	0,4
	Cumprimento de prazo	0,3	0,3	0,15	0
	Atendimento ao projeto de arquitetura	1	1	0	0,5
	média ponderada	3,6*	0,86	0,31	0,46
Critérios de custo	Custo necessário para desenvolvimento do projeto	0,8	0,8	0	0,4
	Custo de execução, incluindo locação de equipamentos	1	0,5	0	1
	Custo de manutenção	0,5	0	0,25	0,5
	média ponderada	2,3*	0,57	0,11	0,83
Critérios de risco	Descumprimento do prazo	1	0,5	0	1
	Descumprimento dos requisitos de desempenho	0,5	0	0,5	0,25
	Falta de capacidade dos fornecedores	0,8	0,4	0,4	0,4
	média ponderada	2,3*	0,40	0,40	0,71
	média aritmética da soma das médias ponderadas		0,61	0,27	0,66
* soma dos pesos daquele grupo de critérios					

Para o exemplo, a tecnologia mais apropriada seria a alternativa 3. Entretanto, ressalta-se que poderia ser outra alternativa, caso as prioridades do empreendimento fossem outras. Por isso, a importância da seleção tecnológica da fachada estar condizente com os objetivos estabelecidos no programa de necessidades.

5.2.5 Análise crítica dos projetos e do produto fachada leve

A proposta é estabelecer parâmetros para que a qualidade do projeto e do produto-fachada possa ser analisada objetivamente; propondo-se dois tipos de análises:

- análise crítica do projeto; e
- análise crítica da conformidade da fachada e de seus componentes com especificações de projeto.

A proposta é que a análise crítica do projeto seja feita durante o desenvolvimento dos projetos (no final de cada etapa do processo), e a análise da conformidade na fase intermediária entre projeto e obra (preparação para execução das obras). Além disso, propõe-se a identificação dos agentes responsáveis pelo desenvolvimento do produto e dos agentes responsáveis pela verificação e análise crítica desse produto. Segundo o Manual de Escopo de Serviço para coordenação de projetos (2008), a verificação é uma avaliação que faz parte do próprio desenvolvimento do projeto, e é feita pelo projetista; já a análise crítica é desenvolvida ou contratada pela coordenação de projetos, e ambas podem resultar em demandas de revisão de projetos.

5.2.5.1 Análise crítica do projeto de fachadas leves

Propõe-se que esta análise seja feita baseando-se nas informações definidas na Tabela 50 (conteúdo dos produtos gerados no desenvolvimento de projetos). A proposta é montar uma planilha baseando-se na referida tabela para comparar o conteúdo das informações do projeto (produto-projeto) nas suas várias etapas de desenvolvimento (ver Tabela 56 como exemplo), com os objetivos e escopos de projeto definidos nesta metodologia. Os agentes que verificam e analisam cada produto das etapas também constam da tabela-exemplo.

Propõe-se que a planilha seja sintética, contendo somente três ou quatro aspectos a serem analisados por etapa do processo, visando não tornar a atividade complexa e cansativa. Propõe-se também que o processo continue somente após cada etapa ter recebido análise positiva, pois, caso seja negativa, devem ser realizadas as devidas correções e adequações, antes do início da próxima etapa.

Tabela 56 – Planilha para auxiliar a análise crítica do projeto de fachadas

Etapa	Serviço/Produto	Itens do conteúdo a verificar/ informações que o produto deve conter	Agentes	
			Responsáveis pelo desenvolvimento do produto e da sua verificação	Responsáveis pela análise crítica
Desenvolvimento do produto (Estudos Preliminares)	Levantamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> - restrições em função da área de proteção histórica; - características arquitetônicas das fachadas de edifícios vizinhos e legislações restritivas 	Arquiteto; Projetista de fachadas	Coordenador de projetos
	Estudo preliminar	<ul style="list-style-type: none"> - lista dos requisitos estabelecidos para a fachada no programa de necessidades - proposta preliminar do projeto arquitetônico da fachada - análise do produto fachada versus lista dos requisitos 		
	Seleção tecnológica	- planilha mostrando análise para seleção tecnológica da fachada		
Formalização / Anteprojeto	Memorial descritivo	<ul style="list-style-type: none"> - definição das tecnologias construtivas; - pré-dimensionamentos dos elementos de fachada 	Arquiteto; Projetista de fachadas	Coordenador de projetos
	Lista preliminar de interfaces	- lista preliminar das interfaces com outros subsistemas		
	Definições de parâmetros de desempenho da fachada e dos componentes	- planilha resumo dos requisitos e critérios de desempenho adotados para a fachada; e planilha das características especificadas para os principais componentes da fachada	Projetista de fachadas	Coordenador de projetos
	Conjunto de anteprojetos gráficos	<ul style="list-style-type: none"> - identificação dos componentes; - modulação preliminar das fachadas - detalhes construtivos preliminares 		
Formalização / Projeto básico (ou pré-executivo)	Compatibilização de projetos com normas e legislações	<ul style="list-style-type: none"> - lista de normas técnicas e legislações que afetem o projeto de fachadas, especialmente daquelas que tratam de salubridade e segurança, - especificação da modulação dos elementos da fachada 	Projetista de fachadas	Coordenador de projetos
	Estudo de tolerâncias geométricas	- tolerâncias de fabricação e montagem dos elementos e estabelecimento das folgas totais		
	Projeto preliminar de uso e manutenção da	- lista das interfaces com as questões de manutenibilidade, considerando equipamentos a serem empregados na limpeza das fachadas, instalação		

	fachada	e acessibilidade para inspeção		
	compatibilização preliminar entre projetos	- lista preliminar das interfaces (interfaces técnicas e operacionais)		
	Conjunto de projetos gráficos definitivos	- desenhos consistentes com as informações da tecnologia adotada		
	Caderno de prescrições técnicas (CPT)	- requisitos de desempenho das fachadas; - requisitos de conformidade dos componentes que formam os elementos de fachada; - descrição das características construtivas dos elementos de fachada; - critérios para recebimento da fachada após montagem (tolerâncias geométricas, diferença de tonalidade e cor, entre outros)		
	Memoriais de cálculo do elemento fachada e seus componentes	-		
Assistência para contratação	Diretriz para contratação de empresas para execução da fachada	-	Projetista de fachadas	Coordenador de projetos; Empreendedor
Detalhamento	Conjunto de projetos executivos detalhados	- identificação dos elementos de fachada; - tolerâncias de fabricação e montagem dos elementos - modulação definitiva	Fornecedor e instalador de fachadas	Projetistas de fachadas; Coordenador de projetos
	Análise crítica do atendimento à conformidade dos componentes da fachada (ver item 5.3.2)	planilha indicativa dos principais componentes dos elementos de fachada, suas principais características e os métodos indicados em projeto para comprovar a conformidade a essas características	Fornecedor e de fachadas	Projetista de fachada; Coordenador de projetos;
	Análise crítica do atendimento às exigências de desempenho da fachada (ver item 5.3.1)	planilha indicativa das exigências de desempenho da fachada definida em projeto e os métodos de avaliação indicados	Fornecedor de fachadas	Construtora
	Projeto para produção, incluindo projeto	- definições do projeto para produção; - projeto do canteiro de obras: local de armazenamento, acessos,	Projetista de fachadas;	Coordenador de projetos;

	do canteiro de obras	equipamentos de transportes, circulação interna, recebimento de produtos da fachada, etc. - lista das interfaces da fachada com a execução (Grupo 4 - Tabela 52)	Fornecedor e montador de fachadas	Construtora
	Compatibilização definitiva e síntese dos procedimentos	- lista das interfaces identificadas e suas respectivas análises e soluções (Grupos 1, 2 e 3 - Tabela 52)	Coordenador de projetos	-
Recepção da obra	Memorial construtivo e projetos gráficos definitivos (Dossiê de finalização do processo)	- lista de eventuais modificações da execução com relação ao projeto - projetos gráficos atualizados - planilha de análise crítica da conformidade dos componentes e dos elementos de fachada - análise crítica dos projetos e da execução, visando retroalimentar outros processos	Projetistas de fachadas; Fornecedor e instalador de fachada	Coordenador de projetos
	projeto de manutenção da fachada	- indicação de períodos para efetuar operações de limpeza e manutenção - plano indicando como efetuar tais operações	Fornecedor dos elementos de fachada; Projetista de fachada	Coordenador de projetos

5.2.5.2 Análise crítica da conformidade das fachadas e de seus componentes com especificações de projeto

⇒ **Análise crítica da conformidade dos componentes da fachada leve**

Esta análise deve ser feita antes do recebimento dos elementos de fachada em obra, ainda na PEO. Propõe-se que esta análise também seja feita com o auxílio de uma planilha (esquema da Tabela 57), na qual se indiquem os principais componentes dos elementos de fachada, seus principais requisitos e os métodos indicados em projeto para comprovar a conformidade desses requisitos. Essa planilha deve ser preparada pelo projetista de fachadas, com o apoio do coordenador de projetos. A Figura 71 ilustra proposta para esquema de difusão de documentos para esta atividade de análise crítica. Geralmente no projeto especifica-se uma lista de características/requisitos que o componente deve apresentar; porém, propõe-se a análise de três ou quatro, visando facilitar a atividade, e não torná-la maçante. Os requisitos a serem avaliados devem ser selecionados pelos agentes responsáveis pela análise crítica dos projetos, devendo esses agentes selecionar aqueles

requisitos considerados essenciais para a garantia da qualidade do componente e, consequentemente, da fachada.

Os fornecedores dos elementos de fachada são responsáveis por fornecer documento de comprovação de conformidade com projeto.

Tabela 57 – Exemplo de planilha de avaliação da conformidade dos componentes de fachada

Tabela 07 - Imprimir a planilha de avaliação da conformidade dos componentes da fachada									
Tipo/ Elemento de fachada	Material/ Componente	Itens a avaliar	Requisito/ Exigência	Método de comprovação da qualidade especificado em projeto	Qualidade comprovada		Avaliação/ Aprovação para uso na obra		
					SIM	NÃO	SIM	NÃO	Obs
A-1	Dispositivos de fixação	1	proteção contra corrosão (revestimento)	análise de resultados de ensaios		X		X	(1)
		2	compatibilidade entre os diferentes metais	análise de projetos e garantia do fornecedor	X				
		3	capacidade de absorver deformações do elemento / existência de furos oblongos	análise de projetos	X				
A-1	Placas de vidro	1	cor	análise de catálogo técnico do fabricante	X			X	(2)
		2	Fator solar	análise de catálogo técnico do fabricante	X				
		3	Garantia da VUP	catálogo técnico do fabricante ou declaração de garantia		X			
OBSERVAÇÕES									
(1) não foi apresentado relatório de ensaio que avalie a espessura do revestimento de zinco aplicado nas peças dos dispositivos de fixação									
(2) falta receber declaração de garantia da VUP das placas de vidro									

Como a proposta é analisar no máximo três ou quatro itens de cada componente, pelo menos esses itens devem ter conformidade comprovada para que o componente possa ser liberado para uso em obra (todos os itens devem ter recebido SIM para que o componente seja liberado para uso).

Figura 71 – Esquema de difusão de documentos para análise crítica da conformidade dos componentes da fachada

⇒ **Análise crítica da fachada quanto ao atendimento às exigências de desempenho**

Esta avaliação também deve ser feita na PEO (fase de preparação para execução das obras), antes da liberação para montagem da fachada. Uma planilha de controle deve ser preparada pelo projetista de fachada, com o apoio do coordenador de projetos. Os fornecedores dos elementos de fachada devem apresentar a comprovação do atendimento aos requisitos e critérios de desempenho especificados em projeto, juntamente com os projetos detalhados (fase PEO – etapa de detalhamento). As exigências estabelecidas em projeto devem ser atendidas, salvo em situações acordadas entre empreendedor, cliente, projetistas e coordenador de projetos. O esquema da figura anterior também pode ilustrar a difusão de documentos para análise crítica da conformidade das fachadas.

5.3 ESPECIFICAÇÕES DAS FACHADAS E DOS SEUS COMPONENTES

5.3.1 Especificações de desempenho para as fachadas leves: requisitos, critérios e métodos de avaliação

Propõe-se, conforme exposto no Capítulo 2, que, ao projetar um edifício com fachadas leves, algumas condições sejam analisadas antes de definir os requisitos de desempenho prioritários para o subsistema fachada, sendo elas:

- as funções de vedação e estrutura são desvinculadas: os componentes que constituem o elemento de fachada não são estruturais nem podem assumir o papel de contraventamento da estrutura, isso devido às folgas necessárias para a sua própria movimentação e montagem;
- os componentes de fechamento, ou revestimento, não contam com as vantagens de isolamento térmico e acústico atrelados à massa;
- o desempenho das juntas é fundamental para garantir segurança estrutural, estanqueidade à água e ao ar, isolamento termoacústico, resistência ao fogo e durabilidade do elemento de fachada;
- a eficiência das fixações do elemento de fachada à estrutura do edifício tem importância fundamental para garantir a segurança estrutural da fachada.

Assim, propõe-se tratar os requisitos de desempenho, conforme exposto no Capítulo 2, organizando-os em quatro grupos: estética, segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Propõe-se, portanto, que os requisitos de segurança sejam tratados como essenciais, e os requisitos que expressam os níveis de habitabilidade e sustentabilidade baseiem-se no programa de necessidades do empreendimento. Entretanto, sugere-se que os níveis de habitabilidade respeitem, ao menos, os limites mínimos relacionados à saúde dos usuários.

Os requisitos estéticos não serão tratados aprofundadamente, pois a avaliação do seu atendimento extrapola o objetivo desta tese, por serem requisitos que traduzem expressões artísticas e particulares; entretanto, propõe-se que aspectos objetivos, factíveis de serem avaliados, como homogeneidade de cor, tolerâncias de desvios geométricos, homogeneidade entre componentes e materiais, sejam definidos nas etapas preliminares de projeto e constem de contratos.

Com relação à sustentabilidade, pela complexidade do assunto, a proposta limita-se à análise de três requisitos:

- 1- Garantia de durabilidade e desempenho mínimo da fachada, evitando trocas de materiais e reformas antecipadas, aliando, portanto, análises de vida útil de projeto (VUP), períodos de manutenção e possibilidade de reutilização dos componentes em eventuais operações de renovação;
- 2- Minimização de impactos ambientais, sendo que a proposta limita-se a incrementar as características térmicas dos elementos de fachada, visando contribuir com a redução do consumo de energia;
- 3- Reflexão sobre a desmontabilidade da fachada e reciclabilidade dos seus componentes (esse último requisito é uma das propostas da tese, por isso não foi discutido anteriormente no Capítulo 2).

Foi também incluída nesta metodologia a análise de algumas características da fachada que influenciam no conforto lumínico do ambiente/edifício.

Dessa forma, a Tabela 58 resume os requisitos propostos para serem tratados nos projetos de fachadas leves; e propõe-se a Tabela 59, na qual se listam tais requisitos, seus respectivos critérios e os métodos que podem ser empregados para avaliar se o critério estabelecido será ou não atendido. Os critérios propostos na referida tabela foram baseados nas pesquisas e análises feitas no Capítulo 2, especialmente nas conclusões comparativas entre critérios de desempenho adotados em normas estrangeiras e nacionais. Entretanto, os critérios propostos são sugeridos como “orientação”, caso o projetista não os tenha definidos, pois eles devem ser estabelecidos em função de normas técnicas ou legais.

É importante observar que o atendimento a requisitos térmicos e acústicos dos elementos da fachada não garantem conforto térmico ou acústico ao ambiente/edifício, pois esse conforto depende de uma combinação de fatores, os quais precisam ser analisados conjuntamente, como ruído externo, ventilação, sistema de ar condicionado, uso do edifício, entre outros. Por isso, nessa tese, o desempenho térmico e acústico das fachadas refere-se às características mínimas que os elementos de fachada devem apresentar para contribuir no desempenho global do edifício.

Independentemente de a fachada ser nova, ou renovada, ela deve atender aos requisitos e critérios da Tabela 59. Observa-se que, no caso de renovação, o conjunto vedação existente mais parte renovada (elementos de fachada leve fixados à estrutura existente) deve atender aos requisitos e critérios especificados.

Tabela 58 – Resumo dos requisitos de desempenho a serem considerados no projeto de fachadas leves

	Requisitos de desempenho da fachada leve na fase de uso
Estética	1- Tolerâncias (cor, material e geométrica) - homogeneidade de cor, - tolerâncias de desvios geométricos - homogeneidade dos materiais e componentes constituintes dos elementos de fachada
Segurança	2 - Segurança estrutural - resistência mecânica e estabilidade das estruturas secundárias e dos componentes de fechamento, eficiência dos dispositivos de fixação e capacidade de deformação das juntas - resistência do elemento de fachada a impactos externos e internos
	3 - Segurança ao fogo - reação ao fogo dos componentes de fechamento - resistência ao fogo dos elementos de fachada, no caso de serem elementos de compartimentação horizontal ⁵⁸ - resistência ao fogo dos dispositivos de fixação - garantia da compartimentação vertical ⁵⁹ do pavimento - isolamento com relação aos edifícios vizinhos - acessibilidade ao edifício pelas fachadas
Habitabilidade	4- Estanqueidade à água e ao ar - estanqueidade à água e controle do fluxo de entrada de ar - eficácia na drenagem de águas que escorram pela fachada
	5 - Características que influenciam no desempenho térmico e na eficiência energética do edifício - respeito às características térmicas mínimas dos elementos de fachada - respeito às taxas mínimas de ventilação na fachada - minimização de entrada de calor em função da orientação do edifício - minimização de entrada de calor em função da seleção de componentes envidraçados com fator solar adequado - diminuição da entrada de calor em função do respeito à relação entre área transparente e área opaca
	6 - Características que influenciam no desempenho luminoso do edifício - respeito à relação entre área transparente e área opaca - seleção de vidros transparentes ao espectro visível
	7 - Características que influenciam no desempenho acústico do edifício

⁵⁸ Compartimentação horizontal: medida de proteção, constituída de elementos construtivos resistentes ao fogo, separando ambientes, de tal modo que o incêndio fique contido no local de origem e evite a sua propagação no plano horizontal (CB-IT 03, 2001).

⁵⁹ Compartimentação vertical: medida de proteção que dificulta a propagação do fogo no plano vertical (CB-IT 03, 2001).

	- isolamento sonora mínima
Sustentabilidade	8 - Durabilidade e manutenabilidade - definição da VUP (vida útil de projeto) da fachada e de seus componentes - seleção de materiais e componentes em função da VUP, bem como estabelecimento de prazos para inspeção e troca de materiais - facilidade de manutenção e conservação (racionalização dos custos associados às operações de manutenção e limpeza) - garantia de segurança para manuseio, conservação e limpeza da fachada
	9 – Minimização de impactos ambientais (somente será abordado o requisito referente à eficiência energética da fachada, a qual será analisada juntamente com o requisito de desempenho térmico, por serem assuntos interligados)
	10 – Reflexão sobre desmontabilidade da fachada e reciclabilidade dos seus elementos - potencial de desmontagem dos sistemas de fachadas, sem afetar a estrutura principal - possibilidade de reciclar ou reutilizar os componentes da fachada após desmontagem

Tabela 59 – Exigências de desempenho propostas, bem como métodos para avaliação do seu atendimento

Crupo/Item	Requisito	Critério	Método de avaliação
Estética			
1	Tolerâncias		
1.1	Desvios geométricos após montagem	Depende de definições do programa de necessidades do empreendimento	Medição <i>in loco</i> (inspeção visual e métrica)
1.2	Homogeneidade cor entre elementos e componentes		Controle na fase de recebimento dos elementos em obra – inspeção visual
1.3	Homogeneidade dos materiais e componentes constituintes dos elementos de fachada		Controle na fase de recebimento dos elementos em obra – inspeção visual e eventual consulta a relatórios de ensaios
Segurança			
2	Segurança estrutural		
2.1	Resistência mecânica e estabilidade		
	Elementos de fixação: resistência mecânica para transmitir as cargas de vento e peso próprio dos componentes da fachada à estrutura principal; e capacidade de absorver deformação do próprio elemento de fachada	Projetar as fixações com furos oblongos permitindo ajuste dimensional mínimo que acomode as deformações dos elementos e componentes da fachada	Análise de projeto e conferência na fase de execução

	Estruturas secundárias: resistência a cargas de vento e às cargas dos componentes de fechamento	Considerar deslocamento máximo de L/175 do vão, mas inferior a 2cm (critérios adotados da NBR 10821, 2000)	Análise de projeto (memorial de cálculo) ou realização de ensaio
	Componentes de fechamento: resistência ao peso próprio, à ação do vento e à outras solicitações sem romper ou deformar-se em excesso	Deslocamentos máximos: painéis não translúcidos (opacos) - 1/350; painéis em vidro simples -1/125; painéis em vidro duplo -1/175 (critérios adotados da BS 8200, 1985)	Análise de projeto baseado nas características do material e eventual realização de ensaios
	Substrato da estrutura principal: suporta cargas provenientes do elemento de fachada (atenção para operações de renovação)	depende de características de cada projeto de renovação	Análise de projeto e verificação no local
2.2	Resistência a impactos	O elemento fachada, com função de guarda-corpo, deve resistir a uma energia de até 480 joules para impacto interno (critério adotado da NBR 15.575-4, 2008)	Realização de ensaios em protótipo, ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos pelos fabricantes)
3	Segurança ao fogo		
3.1	Reação ao fogo dos componentes: os materiais e componentes empregados nas fachadas não devem favorecer o desenvolvimento nem a propagação do fogo, nem devem produzir gases tóxicos	Classe I (materiais incombustíveis) – para edifícios $h \geq 30,0m$ e Classe II-A ou Classe II-B para edifícios $h < 30,0m$ (critério adotado da CB – IT 10, 2004, conforme tabela 5)	Análise de projeto e verificação das características dos componentes de fechamento a serem empregados na fachada
3.2	Resistência ao fogo do elemento de fachada, quando este é considerado como elemento de compartimentação horizontal	os elementos de fachada de um edifício c/ $h \leq 12m$, devem ter um TRRF $\geq 30min$; c/ $12 > h > 23,0m$ TRRF ≥ 1 hora; c/ $23 \geq h > 30,0m$ TRRF $\geq 1,5$ hora; e $h > 30,0m$ TRRF $\geq 2,0$ horas (critério adaptado da legislação francesa e brasileira)	Realização de ensaios em protótipo, ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos por fabricantes)
3.3	Resistência ao fogo dos dispositivos de fixação	Os dispositivos de fixação devem apresentar um TRRF, no mínimo de 1 hora (critério adotado do Cahier du CSTB 2383, 1990)	Análise de projeto (verificar espessura de proteção da fixação – pintura intumescente, ou material isolante)
3.4	Dificuldade de propagação de chamas e fumaça (garantia de compartimentação vertical)	Prever altura de peitoril mínima de 1,2m. Além de que as juntas situadas entre o elemento de fachada e a estrutura devem ser	Análise de projeto e conferência na fase de execução

		seladas com material isolante (critério adotado da CB - IT 09:2004)	
3.5	Acessibilidade dos bombeiros em caso de incêndio	Prever acesso para entrada do corpo de bombeiros pela fachada, respeitando as imposições do Corpo de Bombeiros	Análise de projeto e conferência na fase de execução
Habitabilidade			
4	Estanqueidade		
4.1	Estanqueidade à água		
	O controle do fluxo de ar não deve permitir que o ar infiltrado seja o responsável pelo o aumento do consumo de energia de um ambiente, e não deve prejudicar o conforto dos usuários, no caso de entrada de correntes de ar quente nos ambientes. Entretanto, durante a noite, é interessante a entrada de ar para resfriar o ambiente	Considerar penetração de ar para o interior dos recintos menor que $60\text{m}^3/\text{h} \times \text{m}^2$, ou menor que $5,0\text{ m}^3/\text{h}$ x metro linear de juntas, quando submetida a uma pressão de 50 Pa (critério para elementos de fachada de edificações climatizadas localizadas em qualquer região do país, adotado da ABNT NBR 10821, 2000)	Análise de resultados de ensaios ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos por fabricantes e/ou montadores)
4.2	Estanqueidade à água		
	O paramento exterior não deve permitir que a água incidente em sua superfície atinja o componente isolante e as partes metálicas do sistema.	1- não deve haver penetração de água por elementos de fachada submetidos a pressão de vento da região (indicador de vazão adotado da ABNT NBR 15.575-4, 2008); por isso as fachadas leves tipo cortina, devem ter juntas seladas, para evitar a entrada de água 2 - para o caso das fachadas semicortina 60: o paramento externo (componentes de revestimento) não deve apresentar escorrimentos, gotas aderentes ou manchas de umidade na face oposta à face molhada; além disso esse paramento deve ser complementado por uma lâmina de ar e de dispositivos de coleta e drenagem da água que eventualmente consiga penetrar. Essa lâmina de ar deve ter	Análise de projetos e/ou análise de resultados de ensaios, ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos por fabricantes e/ou montadores)

⁶⁰ Aquelas tecnologias empregadas em operações de renovação.

		espessura de no mínimo 2,0cm para o caso de juntas abertas, e 1,5cm para o caso de juntas seladas (Recomendação do CSTB 2383, 1990).	
5	Características térmicas Ver C.1		
6	Características que influenciam no desempenho lumínico do edifício		
6.1	Respeito à relação entre área transparente e área opaca	Respeito à relação entre área transparente e opaca (ver item 9.4 desta tabela)	
6.2	Seleção de vidros transparentes ao espectro visível	boa transparência a luz visível (do percentual de transmissão, ao menos 50% transparente a luz visível (sugestão adotada de Caram, 2002 – tabela XX)	Análise de documento técnico do fornecedor e/ou consulta a relatório de ensaio
7	Características acústicas		
7.1	Isolação a ruídos aéreos: Índice de Redução Sonora	Índice de redução sonora no mínimo maior que 35dB (critério adotado da ABNT NBR 15.575-4, 2008)	Análise de resultados de ensaios, ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos por fabricantes e/ou montadores)
Sustentabilidade			
8	Durabilidade e manutenabilidade		
8.1	Vida útil de projeto (VUP) da vedação de fachada, dos seus elementos e componentes	Definir VUP baseado em acordos feitos entre cliente e projetistas, sugerindo-se no mínimo VUP de 40 anos para o subsistema de vedação de fachada (critério adotado da NBR 15.575:2008). Deve-se definir também os períodos de vida útil dos elementos e componentes do subsistema. O período de tempo a partir do qual se iniciam os prazos de vida útil deve ser a partir da data da expedição do Auto de Conclusão de Edificação	Análise de projeto e análise de eventuais resultados de ensaios de envelhecimento acelerado
8.2	Durabilidade dos materiais e componentes	Os materiais e componentes projetados para serem empregados nas fachadas devem ter vida útil compatível com a prevista em projeto	Análise de projetos e memoriais, incluindo avaliação da garantia dos componentes (item que deve ser

			fornecido pelo fabricante); e/ou análise de eventuais resultados de ensaios de envelhecimento acelerado
8.3	Manutenabilidade das fachadas	Prever em projeto materiais e processos de limpeza possíveis para a tecnologia empregada, bem como planejar e projetar “como” realizar as operações de manutenção preventiva	Análise de projeto e do manual do usuário
		Considerar acessibilidade para inspeção dos elementos de fachada Considerar a segurança no uso e na manutenção, prevendo-se e verificando-se, em projeto, a resistência dos elementos de fachada para cargas provenientes de equipamentos de limpeza, que, eventualmente, serão fixos à fachada	Análise de projeto
8.4	Durabilidade versus custo global das fachadas	Analisar custo global da fachada selecionada, ou seja, custo de produto versus durabilidade, mais custo de operação e manutenção	Análise de projeto
9	Minimização de impactos ambientais/ Desempenho térmico e eficiência energética (*)		
9.1	Características térmicas dos elementos das fachadas	Considerar transmitância térmica para elementos opacos, ao menos iguais aos estabelecidos pela NBR 15.575-4 e pelo Procel (valores menores que $2,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$) e maiores que $0,70 \text{ W/m}^2\text{°C}$ (valor recomendado por Givoni, 1998). Para elementos transparentes, considerar a hipótese do sombreamento externo, por meio da adoção de brises	Análise de projetos; Realização de ensaios; e/ou análise comparativa de elementos de fachadas já ensaiados (dados fornecidos por fabricantes)
9.2	Taxas mínimas de ventilação Propõe-se aliar os sistemas ativos (ar condicionado) aos passivos (características da fachada), sugerindo que o ar condicionado seja desligado no período noturno e a	Permeabilidade externa da fachada de no mínimo 25% (razão entre a soma das áreas ventiladas e a área total da fachada) (critério adaptado de Garde <i>et al</i> , 1999) * Para que a ventilação noturna seja viável, é necessário ponderar as	Avaliação de projetos, especialmente das características térmicas dos elementos da fachada, das áreas de janelas e dos

	ventilação natural seja responsável pelas trocas de ar e pelo resfriamento do edifício	áreas de ventilação com os níveis de ruídos a que o edifício será submetido	tipos de ventilação possíveis
9.3	Orientação da fachada: minimizar a entrada de calor pelas fachadas.	Posicionar grande parte das janelas das edificações comerciais, de serviço e públicos de países tropicais nas fachadas Norte-Sul	Análise de projeto arquitetônico
9.4	Fator solar	Considerar elementos envidraçados com fator solar menor que 40%, (critério baseado na RT 2005)	Análise de projeto e avaliação das características dos painéis de vidros a serem adotados
9.5	Relação entre área transparente e área opaca	A área transparente na fachada do edifício deve ser menor que 50% da área de fachada total (critério adotado da ASHRAE 90:2004). A parte da fachada envidraçada posicionada em frente a guarda-corpos (elementos internos ao edifício) é considerada elemento opaco se a câmara de ar entre guarda-corpo e elemento de fachada estiver contida entre peitoril de janela e forro, e preenchida com material isolante, como mostra esquema da Figura 13 (Capítulo 2), minimizando troca de calor com o ambiente tanto por condução quanto por convecção	Análise de projeto e das características dos elementos de fachada
10	Reflexão sobre desmontabilidade da fachada e reciclabilidade dos seus elementos		
10.1	potencial de desmontagem dos sistemas de fachadas, sem afetar a estrutura principal	a análise é sim ou não, o elemento é ou não desmontável	Análise de projetos e de processos de montagem e possível desmontagem
10.2	possibilidade de reciclar ou reutilizar os componentes da fachada após desmontagem	a análise é sim ou não, os componentes são, ou não, recicláveis	Análise da reciclabilidade dos componentes e da capacidade do respectivo setor em coletar e reutilizar
(*) Para conhecer qual será o real comportamento térmico de um edifício, em razão das diversas variáveis presentes, são necessárias análises por meio de simulações matemáticas			

Com relação especificamente à eficiência energética, é necessário que o governo e associações representativas do setor desenvolvam pesquisas buscando estabelecer

indicadores de consumo por metro quadrado em diferentes tipologias de edifícios, pois sem tais indicadores, nunca será possível saber se o edifício está consumindo mais ou menos energia, pois não existem dados comparativos.

5.3.2 Especificação dos componentes: requisitos, indicadores de conformidade e métodos de avaliação

Apresentam-se as principais características que os componentes integrantes dos elementos de fachada devem ter, bem como métodos para avaliação da sua conformidade. As características propostas para serem avaliadas são aquelas que, se não conformes, afetam diretamente o desempenho da fachada leve. Atentar para os principais problemas patológicos em fachadas formadas por elementos leves: corrosão galvânica entre peças dos dispositivos de fixação, baixa durabilidade de selantes, deformação excessiva dos paramentos de fechamento, entre outros. Além disso, o estabelecimento de indicadores para tais características cria parâmetros que auxiliam na seleção tecnológica do componente, bem como no controle da qualidade na etapa de recebimento da fachada.

Observa-se que, como anteriormente exposto no Capítulo 2, os componentes a serem discutidos são:

- estrutura secundária metálica e dispositivos de fixação mecânicos;
- componentes de fechamento ou revestimento (placas cimentícias, placas metálicas e placas de vidro);
- isolantes térmicos; e
- vedação das juntas (selantes e gaxetas).

5.3.2.1 Estrutura secundária metálica e dispositivos de fixação mecânicos

As exigências de projeto para as estruturas secundárias, seus acessórios e dispositivos de fixação (*inserts metálicos*) devem ser relativas à resistência mecânica, resistência à corrosão, capacidade de deformação (coeficiente de dilatação), ductilidade (módulo de elasticidade) e resistência à ação do fogo (temperatura de fusão). Tais exigências serão atendidas em função do formato geométrico (altura, espessura, etc.) dos perfis, acessórios e dispositivos de fixação, os quais dependem de cálculos estruturais aliados ao conhecimento das

propriedades dos materiais metálicos empregados na fabricação desses componentes. A Tabela 60 apresenta as principais características (organizadas e sintetizadas nesta tese) a serem exigidas dos perfis metálicos da estrutura secundária e dos dispositivos de fixação, quando da especificação de projetos de fachadas leves.

Tabela 60 – Especificação das características dos perfis das estruturas secundárias e dos dispositivos de fixação

Item	Propriedade	Indicador	Método de avaliação
A	Perfis da estrutura secundária e dispositivos de fixação		
A.1	Resistência à tração (tensão mínima de escoamento – MPa)	a ser especificado pelo projetista de fachadas	análise de projeto
A.2	Resistência à corrosão/ durabilidade	a ser especificado pelo projetista de fachadas, em função da VUP e das condições de agressividade da região onde estará inserido o edifício projetado	análise de projeto e /ou análise de resultados de ensaios
A.2.1	Proteção contra corrosão (para aço carbono)	indicar massa mínima (g/m^2) de revestimento em ambas as faces (revestimento de zinco ou da liga zinco-alumínio) considerar, no mínimo, revestimento de zinco de Z275 ⁽¹⁾ para ambientes urbanos, e Z350 para ambientes marinhos (critério superior ao sugerido pela ABNT NBR 15.253, 2005) No caso do emprego de revestimento em liga alumínio-zinco (galvalume), considerar mínimo AZM150 ⁽²⁾ (critério adotado segundo catálogo da CSN, no qual especifica que o desempenho do revestimento AZM150, tem comportamento similar ao do revestimento de zinco Z275)	análise de resultados de ensaios
A.3	Módulo de elasticidades (MPa)	a ser especificado pelo projetista de fachada	análise de projeto
A.4	Coeficiente de dilatação térmica*	a ser especificado pelo projetista de fachada	análise de projeto
A.5	Resistência à corrosão galvânica	avaliar compatibilidade entre diferentes metais	análise de projeto
A.6	Capacidade de absorver deformações do elemento de fachada (dispositivos de fixação)	existência de furos oblongos	análise de projeto
⁽¹⁾ nomenclatura do revestimento conforme ABNT NBR 15253, 2005			
⁽²⁾ nomenclatura do revestimento conforme ASTM A 792			

5.3.2.2 Componentes de fechamento ou revestimento: placas de vidro, placas cimentícias ou placas metálicas

Para especificar as características dos componentes de fechamento da fachada leve, primeiro deve-se identificar se esses componentes constituem a face interna (paramentos internos) ou a face externa (paramentos externos), isso porque as funções desses componentes, dependendo do seu posicionamento, são diferentes e, conseqüentemente, as características que devem apresentar.

Os paramentos externos, com função de fechamento ou revestimento externo, devem ser pouco permeáveis e apresentar baixa absorção de água, baixa reação ao fogo, baixa variação dimensional em função de gradientes higrotérmicos, facilidade de reparo e substituição, e durabilidade adequada ao VUP da fachada. Já os paramentos internos devem apresentar baixa reação ao fogo e durabilidade adequada ao VUP da fachada. A Tabela 61 apresenta as características dos componentes de fechamento e revestimento, sintetizadas nesta tese, para serem especificadas no projeto de fachadas.

Tabela 61 – Especificação das características dos componentes de fechamento ou revestimento

Item	Requisitos	Indicador	Método de avaliação
A	Placas cimentícias		
A.1	Dimensões e massa específica (kg/m^3)	especificação de projeto	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.2	Resistência mecânica (resistência à tração na flexão) – avaliação feita em placas saturadas	ver ABNT - NBR 15498, 2007	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.3	Reação ao fogo (baixa combustibilidade)	materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25) (critério adotado da CB – IT 10, 2001)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.4	Permeabilidade à água	podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, porém sem surgimento de gotas de água (critério adotado da ABNT - NBR 15498, 2007)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais

			informações
A.4.1	Absorção de água	Baixa (<30%), para não afetar a permeabilidade	análise de catálogo do fabricante
A.5	Durabilidade: resistência após ciclos de imersão em água e secagem	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 0,70 da resistência de referência (critério adotado da ABNT - NBR 15498, 2007)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.6	Durabilidade: resistência após ciclos de calor e chuva:	Não afetar a estanqueidade à água da placa (permeabilidade) e não apresentar deformações ou escamações visíveis (critério adaptado da CEN EN 12467, 2000)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.7	Durabilidade: resistência à água quente	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 0,70 da resistência de referência	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante
A.8	Variação dimensional em função de gradientes higrotérmicos	Para fechamento com juntas seladas: menor que 1mm/m (critério adaptado do critério da ANSI A.118.9,1999)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo do fabricante onde constem tais informações
A.9	Garantia da VUP	estabelecimento de períodos de manutenção preventiva e período de eventual substituição do componente	catálogo técnico do fabricante ou declaração de garantia da VUP mínima
B	Placas metálicas (únicas e compostas)		
B.1	dimensões (espessura, largura e comprimento)	especificação de projeto que depende das solicitações a que as placas estarão submetidas	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.2	Resistência mecânica (resistência à tração e compressão)	especificação de projeto que depende das solicitações a que as placas estarão submetidas	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.3	resistência ao cisalhamento por ensaio de flexão	especificação de projeto que depende das solicitações a que as placas estarão submetidas	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.4	reação ao fogo (baixa combustibilidade)	Baixa reação ao fogo (baixa combustibilidade): materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25) (critério adotado da CB – IT 10, 2001)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.5	absorção de sujidades	baixa	análise de resultados de ensaios ou análise

			de catálogo técnico do fabricante
B.6	variação dimensional em função de gradientes higratérmicos	baixa	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.7	Resistência à corrosão	considerar aplicação de revestimento (aço zincado ou aço revestido com liga alumínio-zinco) e aplicação de pintura (pré-pintura ou pós-pintura)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
B.8	Garantia da VUP	estabelecimento de períodos de manutenção preventiva e período de eventual substituição do componente	catálogo técnico do fabricante ou declaração de garantia da VUP mínima
B.9	reação ao fogo do núcleo central de material termoplástico (somente para placas metálicas compostas)	para projetos com necessidade de alta resistência ao fogo, o núcleo das placas metálicas deve ser em lâmina mineral; quando o isolamento térmico é o requisito que predomina, o poliuretano, associado a sua capacidade de laminação, deve ser o material selecionado; e quando baixos custos e algum risco com relação à resistência e reação ao fogo são aceitáveis, o poliestireno pode ser a opção	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
C	Placas de vidro		
C.1	reação ao fogo	incombustível	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
C.2	cor/espessura/tipo de vidro	as características de absorção, transmissão e reflexão dos vidros devem ser analisadas considerando três fatores: cor, espessura e tipo de vidro	análise de catálogo técnico do fabricante
C.3	Coeficientes de absorção, transmissão e reflexão para ângulos de incidência entre 40° e 60°		análise de catálogo técnico do fabricante
C.4	Transparência à luz visível	do percentual de transmissão, ao menos 50% transparente a luz visível (sugestão adotada de Caram, 2002)	
C.5	Fator solar	Considerar elementos envidraçados com fator solar menor que 40% (critério baseado na RT 2005)	análise de catálogo técnico do fabricante
C.6	Garantia da VUP	estabelecimento de períodos de manutenção preventiva e período de eventual substituição do componente	catálogo técnico do fabricante ou declaração de garantia da VUP mínima

5.3.2.3 Isolantes térmicos

Os isolantes térmicos, materiais empregados entre as camadas do componente de fechamento e revestimento, precisam apresentar baixa condutibilidade térmica para serem um bom isolante, e ter resistência a altas temperaturas e umidade. A Tabela 62 apresenta as principais características que devem ser analisadas em projeto na etapa de seleção do isolante e, posteriormente, no controle da sua recepção em obra.

Tabela 62 – Especificação das características dos isolantes

Item	Propriedade	Indicador	Método de avaliação
A	Isolantes		
A.1	massa superficial (kg/m^2)	$\leq 30 \text{ kg/m}^3$ (média de densidade apontada em catálogos técnicos)	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
A.2	Condutibilidade térmica	condutibilidade térmica $< 0,06 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	análise de catálogo técnico do fabricante ou de ensaios
A.3	Reação ao fogo	materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25).	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
A.4	Durabilidade – resistência à ataques combinados de elevada temperatura e umidade	resistência compatível com a VUP	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante

5.3.2.4 Vedações das juntas: Guarnições e Selantes

As características que devem ser analisadas para a seleção de guarnições ou selantes são: compatibilidade⁶¹, tensão de ruptura, adesão e coesão, tempo de estocagem, módulo de elasticidade, capacidade de deformação, alongamento máximo, temperatura de serviço, resistência aos solventes e óleos, resistência à umidade e aos raios ultravioletas (NF P 85 210-1 / DTU 44.1 (2002); COGNARD, 2002 –C36660), conforme Tabela 63.

⁶¹ Propriedade de um produto permanecer em contato com um material sem que uma interação físico-química altere sua integridade e afete seu desempenho.

Tabela 63 – Especificação das características dos componentes de vedação das juntas

Tabela 05 - Especificação das características dos componentes de vedação das juntas				
Item/Tipo de Análise	Propriedades/ Requisitos	Indicador/critério		Método de avaliação
		Selantes *	guarnições de EPDM (exigências segundo a ABNT NBR 13.756, 1996)	
1- Concepção e dimensão da junta	coeficientes de dilatação dos materiais em contato com a junta	-	-	verificar em projeto
	movimentos a serem absorvidos pela junta (térmicos, umidade, etc.)	-	-	verificar em projeto
	escolha do selante compatível com tal movimentação	-	-	verificar em projeto
	largura (L _o), profundidade (p) e forma da junta prevista em projeto	p=L _o /2 (mínimo de 5mm) (critério adotado da NF P 85 210-1 / DTU 44.1, 2002)	perfis pré-formados utilizados geralmente em seções geometricamente definidas, e com propriedades plásticas	verificar em projeto
2- Características mecânicas requeridas	alongamento máximo	≥ 450%	≥ 250 %	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
	resistência de ruptura à tração antes e após ciclos de envelhecimento	≥ 0,75 MPa (antes de ciclo de envelhecimento ≥ 0,55 MPa (após ciclo de envelhecimento)	> 7,0 Mpa	
	dureza inicial (1 a 6 meses) (20°C)	20-30 shore A	60-70 shore A	
3- Características físico-químicas	adesão sobre substrato	boa	-	análise de projeto
	cor	especificação de projeto	especificação de projeto	
4- Durabilidade	temperatura máxima e mínima de serviço	intervalos mínimos de -20°C a +70°C	-	análise de resultados de ensaios ou análise de catálogo técnico do fabricante
	resistência à umidade	boa	especificação de projeto	
	resistência aos raios ultravioleta	boa	especificação de projeto	
	resistência a produtos químicos	especificação de projeto	especificação de projeto	
* critérios médios, baseados em valores de produto do mercado, que podem variar dependendo das necessidades do projeto				

5.4 ANÁLISE CRÍTICA DA METODOLOGIA PROPOSTA E CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

A metodologia proposta foi encaminhada para profissionais que atuam em áreas de projeto de arquitetura, projeto para produção de vedações verticais, consultoria de desempenho, consultoria de fachadas e coordenação de projetos⁶²; para que esses profissionais pudessem analisar criticamente a metodologia proposta, visando retroalimentá-la.

Assim, foi organizado um *workshop*, no qual a metodologia foi apresentada e explicada para esses profissionais. Após exposição e explicação, ocorreram discussões e análises. Resumidamente, as análises e sugestões mais significativas foram relativas:

- às prescrições dos agentes: a sugestão foi propor atribuições aos agentes, independentemente de sua formação; assim, por exemplo, o projetista de fachada pode ser o próprio projetista de arquitetura, ou um profissional com conhecimentos mais específicos de tecnologias de fachada;
- à necessidade do estabelecimento de uma equipe multidisciplinar para desenvolvimento dos projetos, especialmente de vedações de fachada: tal equipe seria integrada por: empreendedor e assistentes; projetista de arquitetura; projetista e/ou consultor de fachadas; coordenador de projetos, fornecedores dos elementos de fachada, construtores e/ou montadores;
- à necessidade, nas operações de renovação, da análise da conservação do edifício e, conseqüentemente, da fachada, por profissional que tenha conhecimento na área de patologia de edifícios, pois uma de suas atribuições é identificar patologias, secundárias ou graves, e analisar se podem ser recuperadas com a renovação e a incorporação de

⁶² Compareceram ao *workshop* os profissionais: Arq. Paulo Duarte (consultor de fachadas envidraçadas), Arq. Eduardo Martins (projetista de arquitetura de edifícios comerciais), Arq. Ana Liu (coordenadora de projetos), Prof. Dr. Denise Duarte (pesquisadora na área de desempenho térmico), Prof. Dr. Ercio Thomaz (pesquisador e consultor de vedações verticais e desempenho), Eng. Dr. Julio Sabadini de Souza (pesquisador e consultor de vedações verticais).

novos elementos na fachada;

- à necessidade de relativizar os critérios sobre as características térmicas, acústicas e lumínicas das fachadas, pois mesmo o atendimento a esses critérios não significa que o edifício apresentará bom conforto térmico, acústico e lumínico, pois o conforto do usuário depende de n fatores, e não somente das características passivas dos elementos de fachada;
- à necessidade de relativizar definição de coeficientes de absorção, transmissão e reflexão de vidros, pois a análise desses coeficientes deve ser feita juntamente com a análise do tipo, cor e espessura do vidro; além disso, sugeriu-se não especificar transmitância térmica de vidros; pois vidros simples não atendem ao critério de transmitância sugerido pelo Procel e pela ABNT NBR 15.575-4 (2008);
- à necessidade de explicar “como” e “quem” faz a atribuição dos pesos e a seleção das alternativas na atividade de seleção tecnológica das fachadas;
- à necessidade de introduzir requisitos estéticos e lumínicos; no caso dos requisitos estéticos, existe certa dificuldade de estabelecer critérios quantitativos, pois dependem de diversos fatores artísticos e particulares. Entretanto, sua importância deve ser ao menos mencionada.

Grande parte das análises e sugestões anteriormente descritas já foram incorporadas à presente proposta.

6 CONCLUSÕES

Fazem-se, neste capítulo, algumas considerações finais sobre os principais assuntos analisados e propostos nesta tese. Para tanto, dividem-se essas considerações em cinco partes: quanto ao cumprimento dos objetivos propostos, quanto à metodologia proposta e sua implementação e aplicação, quanto às dificuldades e limitações da pesquisa, quanto aos resultados e contribuições desta tese, e quanto aos trabalhos futuros.

6.1 QUANTO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Os objetivos propostos, descritos no Capítulo 1, foram cumpridos satisfatoriamente, especialmente com relação à definição e classificação das fachadas leves, ao estudo e proposições de exigências de desempenho particularizadas para as tecnologias de fachadas leves, e à proposta de metodologia para desenvolvimento e implementação do processo de projeto de fachadas leves. A metodologia considera tanto a possibilidade da construção quanto da renovação, além de ser dividida em duas partes: propostas quanto à aspectos de gestão do processo e propostas com relação à aspectos tecnológicos.

Com relação aos aspectos tecnológicos foram discutidas, no Capítulo 2, algumas tecnologias de fachadas leves e suas aplicações em obras novas e de renovação; foram discutidos e analisados os requisitos e critérios de desempenho da fachada, quando esta é formada por tecnologias de fachadas leves; e foram analisadas as características principais que os componentes que formam as fachadas leves precisam apresentar. Em razão da diversidade de tipos de componentes de fechamento, selecionou-se abordar somente as placas cimentícias, placas metálicas e placas de vidro, conforme exposto no Capítulo 1. Apesar de terem sido discutidas e sugeridas várias características desses componentes, a autora desta tese acredita que esses assuntos podem e merecem ser aprofundados em outro trabalho.

Também, conforme planejado, foi feita uma análise comparativa entre o processo de projeto

brasileiro e francês, objetivando mostrar alguns aspectos do processo francês que podem ser incorporados ao processo brasileiro. Selecionou-se analisar o processo de projeto francês em razão, entre outras, das características do setor da construção francesa que se contrapõem ao brasileiro. Essa análise comparativa foi apresentada e discutida tanto na teoria (Capítulo 3) quanto na prática (Capítulo 4).

Nesses capítulos foram apresentados e analisados aspectos de gestão (aqueles ligados à organização e ao gerenciamento do processo) e de tecnologia (aqueles ligados à especificações e detalhes tecnológicos) do processo de projeto de forma geral e, posteriormente, particularizados para o processo de projeto de fachadas leves. Os aspectos de gestão franceses e brasileiros analisados dizem respeito àqueles aspectos considerados pela autora desta tese, e comprovados ao longo deste trabalho, como impactantes na eficiência e eficácia do produto. Assim, foram analisadas as atribuições necessárias para os agentes participantes do processo de projeto de fachadas leves, os escopos e objetivos mínimos de cada etapa do processo e seus respectivos produtos, as interfaces (tanto entre subsistemas quanto do processo), bem como os métodos de realizar as verificações e análises críticas de projeto e produtos.

Além dos objetivos propostos terem sido cumpridos, foi possível também realizar uma análise crítica e retroalimentar a metodologia proposta. O texto da metodologia foi encaminhado para profissionais que atuam em áreas de projeto de arquitetura, projeto para produção de vedações verticais, consultoria de desempenho, consultoria de fachadas e coordenação de projetos; e, posteriormente, organizou-se um *workshop*, no qual foi possível discutir a metodologia com esses profissionais, que expuseram suas críticas e sugestões. Grande parte dessas análises e sugestões foram incorporadas à presente proposta. Essa discussão com profissionais ajudou a aperfeiçoar a proposta, a ressaltar a carência do setor por trabalhos parecidos, e a mostrar a viabilidade da eventual publicação da metodologia em forma de manual, a fim de facilitar sua aplicação.

Pode-se, portanto, dizer que a metodologia proposta, de alguma forma, já passou pela análise de profissionais que, apesar de terem feito críticas, concordaram com a proposta e expuseram que o setor é carente de trabalhos desta natureza; porém, ressaltaram a dificuldade da aplicação, ou adoção, deste trabalho no cotidiano das empresas, pois envolve mudanças estruturais, como entender a “fachada” como disciplina independente de projeto e

incorporar o projetista de fachadas desde o início do processo de projeto. Além disso, expuseram a dificuldade de encontrar profissional que tenha conhecimento sobre as diversas tecnologias de fachadas, bem como sobre seus desempenhos e possíveis formas de manutenção.

6.2 QUANTO À METODOLOGIA PROPOSTA E SUA IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO

A metodologia proposta objetivou considerar de forma sistêmica alguns aspectos do processo de projeto de vedações de fachada, particularizados para as tecnologias de fachadas leves. Portanto, a metodologia contempla recomendações para aspectos de gestão e tecnologia do processo de projeto de fachadas leves. Além disso, nas premissas da metodologia, sugere-se que é necessário iniciar outra fase do “ato de projetar as fachadas”, ou seja, os critérios de escolha e especificação devem ser objetivos, baseados em análises fundamentadas, devendo o projeto de arquitetura e os projetos técnicos serem desenvolvidos conjuntamente e em harmonia, desde as etapas iniciais do processo de projeto. Dessa forma, resumem-se, na Tabela 64, as principais propostas e recomendações da metodologia elaborada nesta tese.

Tabela 64 – Principais propostas da metodologia e seus comentários

Principais propostas e recomendações		Comentários
A - Propostas relativas à gestão do processo de projeto de fachadas leves		
1	inclusão do projetista de fachadas e definição de suas atribuições	propôs-se que as atribuições principais desse projetista sejam: auxiliar o projetista de arquitetura na atividade de seleção tecnológica, fazer as especificações técnicas da tecnologia a ser empregada, analisar e solucionar as interfaces existentes e analisar criticamente os projetos e a conformidade da fachada, bem como auxiliar na elaboração do projeto “As Built” (denominado nesta tese de Dossiê de finalização) e do projeto de manutenção da fachada
2	identificação das atribuições dos agentes participantes da equipe multidisciplinar	propôs-se as atribuições dos agentes, localizando suas participações em cada uma das etapas do processo de projeto
3	estabelecimento dos objetivos dos produtos de cada etapa do processo de projeto de vedações de fachada	propôs-se os objetivos dos produtos de cada etapa do processo de projeto
4	reorganização da forma de realizar a atividade de seleção tecnológica	propôs-se que a seleção tecnológica seja feita na etapa de estudos preliminares, baseando-se nos objetivos estabelecidos pelo empreendedor e em critérios que analisam benefícios

		técnicos, de menor custo e menor risco
5	introdução da etapa de diagnóstico nas operações de renovação ou reabilitação	propõe-se os objetivos e produtos dessa etapa, bem como os agentes participantes ⁶³
6	reorganização da atividade de análise das interfaces	propõe-se “como” e “quando” as interfaces devem ser discutidas e solucionadas, classificando-as em quatro grupos: interfaces com a decisão da tecnologia de fachada; interfaces entre fachada e outros subsistemas; interfaces com especificações de projeto; e interface com a execução. Assim, propõe-se, na etapa do anteprojeto, listar preliminarmente as interfaces e também localizar em quais etapas do processo essas interfaces devem ser solucionadas; e na etapa do detalhamento reanalisar as interfaces e as suas soluções
7	pequena alteração das etapas do processo de projeto “tradicional”	propõe-se que a etapa de detalhamento e a de planejamento para execução sejam desenvolvidas na fase intermediária entre projeto e obra (PEO), pois essas etapas têm interfaces diretas com a execução da obra, devendo serem desenvolvidas com a participação do fornecedor e montador dos elementos de fachada
8	estabelecimento de parâmetros para que a qualidade do projeto e do produto-fachada seja analisada	propõe-se realizar análise crítica do projeto e da conformidade da fachada e de seus componentes com as especificações de projeto. A análise crítica deve ser feita baseada na comparação entre os objetivos e escopos de projeto definidos na metodologia e o projeto elaborado. Já a análise da conformidade da fachada e de seus componentes deve ser feita antes do recebimento dos elementos de fachada em obra, ainda na PEO, também comparando os parâmetros estabelecidos em projeto e os resultados de ensaios ou certificações do produto, os quais devem ser entregues pelo fornecedor
Quanto às propostas relativas à especificações tecnológicas do projeto de fachadas leves		
9	definição do desempenho do subsistema de vedação de fachada, particularizado para as fachadas leves	propõe-se que os requisitos de desempenho sejam organizados em quatro grupos: estética, segurança, habitabilidade e sustentabilidade, propondo-se seus parâmetros quantitativos (critérios)
10	definição das características dos componentes de fachada leve	propõe-se elencar as características mais significativas dos componentes, as quais afetam o desempenho do elemento de fachada

⁶³ Nas premissas do Capítulo 5, expõe-se que, caso a etapa de diagnóstico não seja adequadamente desenvolvida, a produção da fachada e, conseqüentemente, do empreendimento, pode ser comprometida, tanto com relação à qualidade técnica quanto com relação a atrasos de cronograma e aumento de custos.

A metodologia foi proposta para ser empregada tanto em construções quanto em renovações e reabilitações de fachadas. Entretanto, as diferenças entre esses processos precisam ser consideradas ao longo do desenvolvimento dos projetos e da execução das obras. Duas das diferenças precisam ser ressaltadas, em razão do significativo impacto na qualidade do produto e na eficiência do processo:

- a primeira diz respeito à etapa inicial do processo de projeto, pois nas operações de renovação e reabilitação, esta etapa é o “Diagnóstico”, que deve ser desenvolvido de forma detalhada e fundamentada, pois é o resultado desse diagnóstico que direcionará as atividades do processo de projeto de renovação, ou reabilitação; além disso, é esta etapa que fornecerá dados para analisar a viabilidade técnica de realizar a renovação;
- a segunda diferença refere-se às tecnologias comumente empregadas nas fachadas renovadas, ou seja, geralmente nas operações de renovação se aproveitará a parede existente e incorporará a ela novos elementos; assim o conjunto parede existente + revestimento em elementos leves (revestimento não aderido) formará o subsistema fachada. Por isso, o desempenho da fachada deve ser considerado pelo conjunto. Portanto, existem situações que a parede existente também sofrerá intervenções para poder suportar os novos elementos a serem nela fixados.

A metodologia proposta já foi uma vez revisada e melhorada, em razão das análises e sugestões realizadas pelos profissionais que participaram do *workshop* de apresentação desta tese. A próxima revisão deve ser feita em paralelo e após sua aplicação no processo de produção de algum empreendimento comercial. Acredita-se que existam várias formas de implementar a proposta, porém a aplicação, ou a tentativa de aplicação, são as formas que, segundo opinião da autora, trarão dados concretos para a retroalimentar a proposta.

Entretanto, ainda resta uma questão: como aplicar esta metodologia? Quem poderia aplicá-la? Acredita-se que o empreendedor, ou mesmo o coordenador de projetos, tendo a metodologia proposta em mãos, poderá adotar as premissas expostas no Capítulo 5, incluindo o projetista de fachadas, e solicitar que especificações de desempenho sejam feitas. Talvez num primeiro momento não seja possível adotar todas as propostas e recomendações; porém, se inicia com aquelas práticas que podem ser adaptadas ao cotidiano das empresas e, posteriormente, ou em outro empreendimento, aplica-se uma segunda parte das recomendações. O importante é que quaisquer recomendações

adotadas devem ser implantadas desde o início do processo, e condizentes com o programa de necessidades do empreendimento.

6.3 QUANTO ÀS DIFICULDADES E LIMITAÇÕES

O processo de desenvolvimento desta tese passou por algumas dificuldades, e com elas foram identificadas algumas limitações. Descrevem-se quatro pontos que geraram dificuldades e limitações e, também, certo redirecionamento do trabalho:

- o o primeiro ponto diz respeito à definição e classificação de alguns termos e expressões, especialmente daqueles termos não comumente empregados no Brasil. Por exemplo, expressões como fachada semicortina, comumente empregada na Europa, parecem não ter sentido no Brasil. Porém, em razão da possibilidade do crescimento do mercado de renovação e reabilitação de fachadas, e porque a função de vedação somente é cumprida considerando a fachada existente mais os novos elementos incorporados, os quais obrigatoriamente devem ser leves, a autora desta tese acredita que exista a necessidade de se criar um termo para definir o conjunto “parede existente mais elementos leves incorporados”; assim o termo “fachada semicortina” pode ser útil e adotado pelo mercado da construção brasileira.

Além disso, esbarrou-se na dificuldade de explicar e definir termos já empregados “erroneamente”, porque algumas empresas comercializam componentes de fachada e o denominam de “fachada leve” ou “fachada ventilada”; porém tais empresas estão comercializando somente a última camada do subsistema, o revestimento não aderido;

- o o segundo ponto refere-se aos critérios de desempenho propostos, ou seja, não foi possível atribuir critérios (indicadores quantitativos) para todos os requisitos de desempenho (indicadores qualitativos) considerados prioritários, como por exemplo, indicadores para impactos ambientais (parâmetros máximos para consumo de energia e emissão de CO₂ equivalente de elementos da fachada leve, considerando todo o seu ciclo de vida). Essa dificuldade ocorreu porque, no Brasil, ainda não existem pesquisas finalizadas sobre o assunto. Observa-se que parte dos critérios não encontrados em estudos brasileiros existe em estudos ou normalizações estrangeiras; porém, nem sempre podem ser adotados para o Brasil. Assim, foi decidido abordar somente

questões de eficiência energética, ou seja, discutir e propor as características da fachada que podem contribuir com a eficiência energética do edifício, e propor como tema de outro trabalho, os impactos ambientais de tecnologias de fachadas leves;

- o o terceiro ponto refere-se aos estudos de caso. Uma dificuldade, especialmente no período em que a autora esteve na França, foi conseguir autorização para realizar os estudos, analisar projetos e visitar os canteiros de obras franceses. As empresas (construtoras e projetistas) não entendiam o objetivo do estudo, uma vez que, na França, existem normas e regras para todo o processo; portanto, o setor não necessita de diretrizes para elaboração de projetos, nem mesmo para o seu controle. Outra dificuldade foi homogeneizar as informações coletadas, especialmente com relação aos estudos na França e no Brasil, pois as informações solicitadas eram similares, mas as respostas diferentes;
- o o quarto ponto referiu-se à dificuldade em acompanhar todo o processo de produção de um empreendimento, visando avaliar sua eficiência na fase de execução das obras e sua eficácia durante o uso e manutenção do edifício, o que não foi possível em razão do tempo disponível para a realização deste trabalho. Por isso, os estudos foram feitos em diferentes fases, conforme surgiam as oportunidades. Entretanto, em todos os estudos de caso realizados, mesmo não acompanhando fisicamente todo o processo, buscou-se analisar os documentos de todas as etapas e conversar com aqueles agentes que participaram de praticamente todas as etapas do processo de projeto, de execução e entrega da fachada.

6.4 QUANTO AOS RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES DA TESE

O desenvolvimento desta tese teve como resultados, até o momento, a publicação de artigos⁶⁴ sobre o tema, além de outras contribuições:

⁶⁴ Uma listagem dos artigos publicados durante o período de doutoramento da autora encontra-se no Anexo A.

- sistematização de informação sobre os vários tipos de tecnologias de fachadas leves;
- aferimento de conhecimento sobre o setor da construção francesa, especialmente no que diz respeito ao segmento de renovação e reabilitação e às tecnologias de fachadas leves, permitindo a realização de comparações com o setor da construção brasileira;
- introdução de conhecimento no mercado (metodologia proposta) que contribuirá para a evolução das atividades construtivas, especialmente para a evolução do processo de projeto de fachadas para edifícios comerciais de múltiplos pavimentos, introduzindo sugestões, critérios, especificações e detalhes construtivos que poderão ser incorporados pelo setor da construção civil. Acredita-se que parte desta tese possa ser transformada em um manual para auxiliar no desenvolvimento e implementação de projetos de fachadas leves, bem como para auxiliar no controle da qualidade nas fases de execução e uso dessas tecnologias.

De modo geral, a metodologia proposta contribuirá para o desenvolvimento de todas as etapas do processo de projeto de fachadas, não de forma completa, mas expondo parâmetros técnicos que condicionarão o desenvolvimento de cada uma delas. Conforme Melhado (1995), o projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de origem tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de equipamentos) ou de cunho gerencial, sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução (como no caso de contratação de serviços). Sendo assim, pode-se dizer que a metodologia proposta gerou informações tanto de cunho tecnológico quanto gerencial.

6.5 QUANTO A TRABALHOS FUTUROS

Os trabalhos a seguir propostos são lacunas e carências percebidas ao longo do desenvolvimento deste trabalho de tese:

- aplicação e retroalimentação da metodologia proposta nesta tese;
- acompanhamento e estudo da etapa de diagnóstico em empreendimentos de renovação: análise da sua eficiência e eficácia;

- estabelecimento de escopo mínimo de projeto para as etapas de detalhamento e projeto para produção de operações de renovação ou reabilitação de fachadas;
- pesquisa e estabelecimento de parâmetros de impactos ambientais para tecnologias de fachadas leves;
- sistematização de informações tecnológicas sobre as principais características de componentes de fechamento opacos de fachadas leves (placas de OSB, placas cimentícias, perfis vinílicos, entre outros);
- avaliação da durabilidade da fixação de fachadas leves cujos componentes de fechamento são colados à estrutura secundária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HAMMAD. Common Interface problems among various construction parties. **Journal of performance of constructed facilities**, v. 14, i2, p. 71-74, may 2001.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE & AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ ASHRAE 119**: Air leakage for detached single-family residential buildings. Atlanta, 2004. 169p.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI A118.9**: Methods and specification for cementations backer units. Atlanta, 1999. 4p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C920**: Standard specification for elastomeric joint sealants. Philadelphia, 1998. v. 04.07, p.179 –275.
- **ASTM E 331**: Standard test method for water penetration of exterior windows, curtain walls, and doors by uniform static air pressure differential. Philadelphia, 1993.
- **ASTM E 631-93a**: Standard terminology of building constructions. Philadelphia, 1998.
- ANDRADE, C.M. **Avaliação de desempenho em edifícios de escritório: o ambiente de trabalho como meio para o bem-estar produtivo**. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- AQUINO, J. **Diagnóstico das dificuldades do uso de projeto para produção de vedações verticais**. São Paulo, 2005. 184p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- AQUINO, J.; MELHADO, S.B. Estudos de caso sobre desenvolvimento e utilização de projetos para produção de vedações verticais. **Revista G&T Projetos**, v1, n. 1, p. 76-103, 2006.
- ARMAND, J; RAFFESTIN, Y. **Aide-mémoire 120 séquences pour mener une opération de construction**: des études préalables à l'achèvement de l'ouvrage, actions techniques et démarches administratives. Paris: Le Moniteur, 1993. 270p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT- NBR 10 821**: Caixilhos para edificação - janelas. Rio de Janeiro, 2000. 37p.
- **NBR 11685**: Divisórias leves internas moduladas. Rio de Janeiro, 1990.
- **NBR 14718**: Guarda-corpo para edificações. Rio de Janeiro 2008. 14p.
- **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2005.
- **NBR 15498**: Placa plana cimentícia sem amianto: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007. 26p.
- **NBR 15.575-4**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, Parte 4: Fachadas e paredes internas. São Paulo, 2008. 50p.
- **NBR 15.575-1**. Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – parte 1: geral. São Paulo, 2008. 52p.
- **NBR 13.756**: Esquadrias de alumínio - guarnição elastomérica em EPDM para vedação –

Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION - AFNOR - **NF P 28 001** : Façade légère – définitions – classification –terminologie. Paris, 1990. 16p.

— **XP P 28-004** : Façades légères. Façades rideaux, façades semi-rideaux, façade panneaux. Performances de l'ouvrage fini. June 1995. 27p.

— **NF EN 12.152** : Façade rideaux : Permeabilité à l'air. Paris, 2002. 10p.

— **NF EN 12.467** : Plaques planes en fibres-ciment. Spécifications du produit et méthodes d'essai. PARIS, 2005. 47p.

— **NF P 85 210-1 / DTU 44.1** : Étanchéité des joints de façade : par mise en oeuvre de mastics. Partie 1: Cahier des clauses techniques. Paris, 2002. 24p.

— **NF P 65-202 / DTU 55.2** : Revêtements muraux attachés en pierre mince. Norme homologuée. Cahier des clauses techniques. Paris, 2000.

— **AFNOR NF P06-002, P06-006** : NV65 règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes. Paris, 2000.

AU - ARQUITETURA&URBANISMO. Fachadas Seriadas e cobertura unificada. São Paulo: ed.170, maio 2008.

BAIRD, G. **The architectural expression of environmental control system**. Routledge : Taylor & Francis Books, 3ed. 2001. 304p.

BENEDETTO, G. S. **Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BLOCH, B.M. Assurance Construction. **Technique de l'ingénierie**, revue en ligne, code C66 v2. 1991.

BONIN, L.C. Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, 5. 1988. Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 1-31.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – BSI – **BS 5385**: Wall and floor tiling. Part 4 – Code of practice of ceramic tiling and mosaics in specific conditions. London, 1994.

— **BS 8200**: Code for practices for design of non- loadbearing external vertical enclosures. London, 1985.

CABINET CASSO et Cia. Sécurité contre l'incendie dans le ERP. **Technique de l'ingénierie**, revue on line, code C3280, 2004.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL – CEF – Manual do sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos: requisitos e condições mínimos para financiamento pela CAIXA. São Paulo, 2003

CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC – Fatos econômicos – Edição 28, setembro de 2007. Disponível em <http://www.cbic.org.br>. Acesso, setembro de 2007.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION - CMHC – case nº 43; Disponível em: <http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/bude/himu/bebu/bebu_001.cfm>. Acesso em agosto de 2007.

— case nº 23; Disponível em: <http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/bude/himu/bebu/bebu_001.cfm>. Acesso em agosto de 2007.

CARAM, R. M. **Estudo e Caracterização de Fachadas Transparentes para Uso na Arquitetura; Ênfase na Eficiência energética**. 2002. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

CARDOSO, F. F. **Certificações setoriais da qualidade e micro-empresas: o caso das empresas especializadas de construção civil**. 2003. 210p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

CASTAN, G. Contrat de l'ingénierie : dispositions techniques. **Technique de l'ingénierie**, revue en ligne, code AG 3256. 2005.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT – CSTB - **DTU 33.1:1**: documents technique. Façade rideaux, façade semi-rideaux, façade panneaux. Paris, 1996.

— Avis Technique - **AT 02/03-1012** : Sicofigo bardage, Paris 2003.

— Avis Technique - **AT 02/04-1079** : Bardage rapporté : Duracolor, Paris 2004

— Avis Technique - **AT 2/04 -1097** : Bardage rapporté : Hardiplank, Paris 2005.

— Avis Technique - **AT- 2/05/1170** : Bardage rapporté : Eterclin NT, Paris 2006.

— Avis Technique - **AT- 2/04/1170** : Système de vitrages extérieurs attachés: mecano VEA, Paris 2007.

— Avis Technique - **AT- 2/02/917** : Alucobond Systems Cassetes : Alcan, Paris 2002.

— Avis Technique - **AT- 2/03/1052** : Veture. Panneau M32 : Myral, Paris 2003.

— Cahier Technique du CSTB - **CPT 3574** : Vitrages extérieurs attachés (VEA) faisant l'objet d'un Avis Technique Conditions générales de conception, fabrication et de mise en oeuvre Cahier 3574 - Octobre 2006 (e-cahier), Paris 2006.

— Cahier Technique du CSTB - **CPT 3488** : Vitrages extérieurs collés. Cahier des prescriptions techniques. Cahier du CSTB 3130, Livraison 444 – Novembre 2003.

— Cahier Technique du CSTB - **CPT 3450** : Exigences applicables à façade légère à ossature en bois et en métal comportant en revêtement extérieur une peau de bardage, Novembre 2003.

— Cahier Technique du CSTB - **CPT 3575** : Vitrage extérieur attachées – VEA: cahier des prescriptions techniques : conditions générales de conception, fabrication et de mise en œuvre, Septembre 2006.

— Cahier Technique du CSTB – **CPT 2383** : Exigences applicables aux façades légères à ossature en bois ou en métal comportant en revêtement extérieur une peau de bardage Livraison 437, Paris, 1990.

— Cahier Technique du CSTB - **CPT 3501** : Panneaux sandwichs isolants à parements métalliques, e-Cahier, France, 2004.

- Cahier Technique du CSTB - **CPT 3316** : Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité - Règles générales de conception et de mise en oeuvre. Livraison 416 – Janvier-février 2001.
- Cahier du CSTB 2704 : Directive européenne sur le produit de construction et documents interpretatifs. Paris, 1994.
- Documents Technique **DTU 39.1:1** :Travaux de bâtiment. Travaux de miroiterie-vitrerie. Paris, 1999.
- Documents Technique **DTU 44.1:3** : Travaux de bâtiment. Étanchéité des joints de façade par mise en oeuvre de mastics. Partie 1: Cahier des clauses techniques. Paris, 2002.
- Guide Pratique: les règles de construction. Paris: CSTB, 2ed. 2005.
- Les Cahiers Techniques du Bâtiment, 2005, annuel n.1, p. 70 -71.
- Rapport les Cahiers Techniques du Bâtiment, 2005, annuel n.1, p. 34.
- REEF : Encyclopédie des règles technique du bâtiment. CD- ROOM
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO – CBCA – Tratamento de superfície e pintura. São Paulo, 2003. Disponível em :< www.cbca.org.br>. Acesso em novembro de 2006.
- CHARAVEL, B. Système de management de la sécurité : mise en place sur site. **Technique de l'ingénierie**, revue en ligne, code AG 4650. 2002
- CHOAY, F. **L'allégorie du patrimoine**. Paris: Seuil, 1992. 270p.
- CLETO, F. R. **Referenciais tecnológicos para a construção de edificios**. 2002. 163p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- COGNARD, P. Calfeutrement des joints dans le bâtiment. Généralités. **Techniques de l'Ingénieur**, revue en ligne, C 3 660. 2001
- CONSTRUÇÃO MERCADO. Orçamento Real. São Paulo: Pini, v. 59, jun. 2006.
- CONSTRUÇÃO MERCADO. Orçamento Real. São Paulo: Pini, v.79, fev. 2008.
- CORATO, L.; NAKANISHI,T.; CARAM, R.M. Inovações tecnológicas em fachadas transparentes a partir da década de 70. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUTIDO – ENCAC, 2001. **Anais**. Campinas: ANTAC, 2001.
- CORPO DE BOMBEIROS - Decreto Estadual S.P. 46076/2001. São Paulo, 2001. Disponível em : < <http://www.polmil.sp.gov.br/ccb>>. Acesso em: 05/02.
- Instrução Técnica – **IT nº 03/04**: Terminologia de proteção contra incêndio de edificações. São Paulo, 2004.
- Instrução Técnica – **IT nº08/04**: Segurança estrutural nas edificações- resistência ao fogo dos elementos de construção. São Paulo, 2004.
- Instrução Técnica – **IT nº 09/04**: Compartimentação horizontal e compartimentação vertical, São Paulo, 2004.
- Instrução Técnica – **IT nº 10/04**. Controle de materiais de acabamento e revestimento,

São Paulo, 2004.

CROITOR, E.P.N. ; OLIVEIRA, L. A. ; MELHADO, S.B. Etapa de diagnóstico de um projeto de reabilitação: um estudo de caso francês. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2007. **Anais**. Curitiba: CESEC-UFPR, 2007. v. CD-ROM

DAVIES, J. M. Optimum Design of Composite Cladding Panels. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUILDINGS ENVELOPES SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 1997. **Proceeding**. Bath: ICBEST, 1997, paper 33.

DEL MAR, C. P. **Falhas, responsabilidades e garantias na construção civil**. São Paulo: Pini, 1ed., 2008. 366p.

DEUTSCHE INSTITUT FUR NORMUNG. **DIN 4109**: Sound insulation in buildings; requirements and testing. German, 1989.

DIRECTIVE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION – DPC. informações disponíveis em <<http://www.dpcnet.org>> . Acesso em outubro de 2007.

DUEÑAS PENA, M. ; FRANCO, L.S. Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. **Revista G&T_Projetos**, v. 1, n.1, p. 126-153, 2006.

DUEÑAS PENAS, M. **Método para elaboração de projeto para. produção de vedações verticais em alvenaria**. 2004. 160p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

EICKER, U. et all. Facades and summer performance of buildings. **Energy and Buildings**, v. 40, n.4, p. 600-611, 2007.

FEDERATION FRANCAISE DU BATIMENT (FFB). Dossier Législative 2007 – le bâtiment, moteur pour l'économie française et pour l'emploi. Disponível em < <http://www.ffbatiment.fr>> . Acesso em outubro de 2007.

— Espace entreprise – chiffre de 2007. Disponível em < <http://www.ffbatiment.fr>> . Acesso, em maio de 2009.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAÎNTE – FIP. **Prefabricated thinwalled concrete units – state of art report**. London: Thomas Telford, 1984. 33 p.

FENNELL, H. HAEHNEL, J. Setting airtightness Standards. **ASHRAE Journal**, v.47, n.9, sep. 2005. p. 26-28

FERREIRA, E. N. M. **Volume e volumetria**: pesquisa sobre a distinção destes conceitos para a análise de arquitetura. 2005, 150p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005.

FERREIRA, A.; FERRARI, C.; BERMEJO, P.P. Retrofit, alternativa para valorizar o imóvel. *Revista Urbs*, ano 5, n. 30, abril/maio 2003. Disponível em < <http://www.vivaocentro.org.br/publicacoes/urbs/urbs30.htm>> . Acesso em maio de 2006.

FIESS, J.R.; OLIVEIRA, L.A.; BIANCHI, A.C.; THOMAZ, E. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Anais**: ANTAC, São Paulo, 2004.

- FINESTRA/BRASIL 2001. Do Concreto ao Alumínio: edifício sede da Telefônica: pró-Editores Associados, ano 7 , n. 26, São Paulo, 2001.
- FONTAN, J. Entretien. **Les Cahiers Techniques du Bâtiment**, n.1, p. 45, 2005.
- FONTAN, J. Façade légère à ossature en bois ou en acier. **Cahier du CSTB 2383**, livraison 306, 1990.
- FRANCE. Code de la Consommation française, Article L.115-27 /28, 2007.
- FRANCE. Code de la Construction et de l'Habitation Française, Article L111-13/14/16, 2007.
- FRANCE. Code des Assurances, article A.243.1-annexe, 2007
- FRANCE. Code des Marchés Publics - décret n°2005-601 du 27 mai 2005. Disponível em : <http://www.lexinter.net/marchespublics/index.htm>. Acesso em junho de 2006.
- FRANCE. Code du travail, Article L. 235-1 a 4
- FRANCE. Code d'Urbanisme Français - partie législative – chapitre III – section I. 2006.
- FRANCE. LOI MOP - Loi relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée. Arrêté du 21 décembre 1993 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'œuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé (loi n°85-704 de 12/07/1985 et son décret n°93-1268 de 29/11/1993).
- FRANCE. Réglementation thermique RT 2005 (Arrêté du 29 novembre 2000), Texto geral do Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement français, disponível em <<http://www.legifrance.gouv.fr>>, Acesso em agosto de 2007.
- FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. São Paulo, 1992. 319p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- FREITAS, A. M.S.; CRASTO, R.C.M. **Steel framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS-CBCA, 2006.
- GARDE, F. et al. Elaboration of global quality standards for natural and low energy cooling in French tropical island buildings. **Building and Environment**, n. 34, p.71 –83 (5), 1999.
- GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. U.S.A: Van Nostrand Reinhold, 1998. 464p.
- HAMMARLUND, Y; JOSEPHSON, P.E. Cada erro tem seu preço. Texto traduzido do artigo: Sources of quality failures in Building published by Management Quality and Economics in Buildings, pp. 671-680. **Téchne 32**, v.1, 1992.
- HARRIS, R.M. Verifying the thermal performance of facades. Website published by the centre for windows and cladding technology. In: WHOLE LIFE PERFORMANCE OF FAÇADE 01, 2005. **Proceeding**. Bath: CIBT G25, 2005.
- HERZOG, T. **Solar energy in architecture and urban planning**. Munich : Prestel, 1996.
- HUTTER, E. Rôle de l'ingénierie technique en construction. **Technique de l'ingénierie**, revue en ligne, code AG 3310. 2003.

INTERNATIONAL ENERGY CONSERVATION CODE – ICC - Commercial Envelope Requirements of the 2006 International Energy Conservation Code. U.S. Department of Energy Building Energy Codes Program, 2006.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES – INSEE - Conjoncture - Le PIB régional toujours en progression en 2007. Disponível em: <<http://www.insee.fr>>, Acesso junho de 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – Pesquisa anual da indústria da construção – PAIC, v. 17, p.1-84, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 6241**: Performance standards in buildings – principles for their preparation and factors to be considered. Geneva, 1984.

— **ISO 7361**: Performance standards in building – presentation of performance of facades made of components. Geneva, 1986.

— **ISO 8336**: Fibre-cement flat sheets. Geneva, 1993.

KLOSOWSKI, J. M. **Sealants in construction**. Michigan: Dow Coornig Corporation, 1989.

KOELLIKER, M ; MARTI, P. ; RIPOLL, D. Évider, rénover, restaurer et réhabiliter : dix interventions de la ville de Genève sur son patrimoine. Publication : Conservation du patrimoine architectural de la Ville de Genève. Département des affaires culturelles, 1999. Disponível em: <<http://www.ville-ge.ch/geneve/amenagement/patrimoine/biblio.htm>> . Acesso em maio de 2007.

LA CONVENTION EUROPEENNE DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE - CECM – Fiche d’information 02, Acier non protégé. Publication technique, code nº 82, ed. 1995.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 pp.

MARIGONI, H.M. Princípios de arquitetura em aço. Publicação Perfis Gerdau. São Paulo: Aço Minas. 1º ed., v.4, 2004.

KAJIMOTO, Z.P. Corrosão atmosférica de metais no Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991 (**Boletim Técnico – IPT 57**).

MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. 1999. 458p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MEIRELLES, H. L. **Direito de Construir**. 8ed. São Paulo: PC Editorial, 1990.

MEISSER, M. Réglementation acoustique des bâtiments. **Technique de l’ingénierie**, revue on line, code C 3 365, 2005.

MELHADO, S. B; et AL. O processo de projeto e sua gestão. In: **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. Capítulo 2.

MELHADO, S.B **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. 235p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

MELHADO, S.B. Novos desafios da gestão da qualidade para a indústria da construção civil.

In: CONGRESSO LATINO AMERICANO: TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998. São Paulo. **Anais**. São Paulo: EPUSP, 1998. p. 619-26.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994, 294p. São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S.B.; SOUZA, A.L.R. A construção civil na França: primeira parte. **Qualidade na Construção**, v. 3, n. 24, p. 34-39, 2000.

MENDONÇA, P. **Habitar sob uma segunda pele : estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho, Portugal, 2005.

MESSEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo : Sinduscon-SP, 1991, 179 p.

MILAGRES, R. **Maitrise des Processus dans les agences d'architecture** : gestion du projet architectural. Monographie présenté à CNAM (Conservatoire des Arts et Métiers), dans le cadre du Master Management pour Jeune Ingénieur, Paris 2001.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT ET D'AMENEGEMENT DURABLE. La conjoncture du secteur de la construction em 2005 e 2006. Disponível em : < <http://www.btp.equipement.gouv.fr>>. Acesso, maio de 2007.

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT ET D'AMENEGEMENT DURABLE, 2007. La conjoncture du secteur de la construction em 2008. Disponível em : < <http://www.btp.equipement.gouv.fr>> Acesso em junho de 2009

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT ET DE L'AMENAGEMENT DURABLES . Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie, aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants et à l'affichage du diagnostic de performance énergétique. Disponível em : <<http://www.legifrance.gouv.fr>>. Acesso em dez de 2007.

MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'EQUIPEMENT DU TOURISME ET DE LA MER – secteur du BTP - Plaquette "La construction en Europe" chiffres 2005 – Publication 2006. (Disponível em <<http://www.btp.equipement.gouv.fr>>. Acesso em março de 2007.

MINISTERE DU LOGEMENT ET DE LA VILLE. Article : Amélioration de la performance énergétique des bâtiments : une nouvelle réglementation pour tous les bâtiments neufs, la RT2005, publié au 29/05/06. Disponível em :< <http://www.logement.gouv.fr>>. Acesso em março de 2007.

MINISTERE DU TRAVAIL DES RELATIONS SOCIALES ET DE LA SOLIDARITE. Informação disponível em: <http://www.travail.gouv.fr/publications/CEP/maitrise_oeuvre/maitrise.html>. Acesso em setembro de 2007.

MINISTERIO DO TRABALHO – Norma Regulamentadora – NR4 – Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho, 1995.

MITIDIERI, C. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. Entrevista. **Técnhne**, v. 79, p.63-66, out. 2003.

NSC MAGAZINE – Feature, Beaufort Court, London – v.11, n.6, 2003.

NOSSENT, P. Départ du marquage CE produits de construction. **CSTB magazine**, n.113, p.53-6, 1998.

OLIVEIRA, A. R. Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró. Arquitetos 023. Texto especial 128, abril 2002 (ISSN 1809- 6298). Disponível em://<<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arg000/esp128.asp>>. Acesso em maio de 2009.

OLIVEIRA, L. A., et AL. GFRC Facade Architectural Panels: experience in Brazil. In: INTERNATIONAL GRCA CONGRESS, GRC 2003, Barcelona. **Procceedings**. Barcelona: GRCA, 2003.

OLIVEIRA, L. A.; SILVA, Eduardo, B.; MELHADO, S.B. Requisitos de projeto em retrofit de fachadas: estudo de caso. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios 5, 2005, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis : Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005a.

OLIVEIRA, L.A.; MELHADO, S.B. Análise da Qualidade do Processo de Projeto em função da ocorrência de problemas na etapa de execução da obra: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO 4, 2005. **Anais**. Porto Alegre: SIBRAGEQ. 2005b. CD ROOM

OLIVEIRA, L.A.; SILVA, E.B.; MELHADO, S.B. Requisitos de projeto em retrofit de fachadas. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2005, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, nov. 2005d

OLIVEIRA, L.A. et al. Levantamento de subsídios técnicos para elaboração de projeto de restauro: casa do grito, um patrimônio da independência. In: CONGRESSO INTERNACIONAL NA RECUPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFÍCIOS 2, 2006. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. CD ROOM

OLIVEIRA; L. A. MALLART, T. Estanqueidade à água e interface da estrutura com paredes de vedação. In: SEMINARIO HABITAÇÃO – DESEMPENHO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2005, São Paulo. **Anais**: IPT, São Paulo, 2005.

PANEL, J. R.; COOK, J. P. **Construction selantes and adhesives**. 3ed. New York: John Wiley & Sons, 1991.

PANNONI, F.D. **Corrosão**. Boletim Técnico da Companhia Siderúrgica Paulista. Cubatão: Cosipa, 2001.

PRADO, R.T.A. **Contribuição ao estudo do papel da engenharia nas interações entre o homem, o edifício e o ambiente**. 2003. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

PROJETODESIGN. Prêmio ASBEA 2003. Ed. 286 Dez.2003.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL - Regulamentação para etiquetagem voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, 2008. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/Regulamentacao_Versao10_2008.pdf>. Acesso em junho de 2009.

QUALIFORM. Gérer la Qualité sur le Chantier: introduction à une réflexion. Paris, 1987

REIS, M. **Processo de produção e uso do alumínio na construção civil: contribuição à especificação técnica das esquadrias de alumínio**. 2006. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO, ano 5, n.2, jun 2007. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/PUBLICACOES/index.htm>>. Acesso em agosto de 2007.

ROULET, C. A. Indoor environment quality in buildings and its impact on outdoor environment. **Energy and Buildings**, n. 33, p. 183-191. 2001.

SABBATINI, F.H. ; FRANCO, L. S. Notas de aula da disciplina de Tecnologia de produção de vedações verticais – TG 04 e PCC 2435. São Paulo, EPUSP, 2001. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/Graduação/PCC2435/pdf/PCC2435-aula18a.pdf>>. Acesso em junho de 2006.

SABBATINI, F.H. et. al. SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - VEDAÇÕES VERTICAIS. São Paulo: EPUSP-PCC, 1998. 308p.

SICHIERI, E.P. **Controle Energético de Edificações através de Superfícies Transparentes**. 2001. Tese (Livre-Docência) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SILVA, A.B.; TEIXEIRA, L.P. A economia brasileira e as perspectivas do macrossetor da construção para 2004 e 2005. **O Macrossetor da Construção**. mar, 2005.

SILVA, V. G. **Diretrizes para o projeto de painéis de fachada em cimento reforçado com fibras de vidro**. Dissertação (Mestrado). 1998. 145p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

SIQUEIRA JUNIOR, A.A. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês-porcelanato**, 2003. 199p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SOUZA, A. L. R. **Preparação e coordenação da execução de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. 2001. 440p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2001

SOUZA, J. S. Metodologia de Análise e Seleção de Inovações Tecnológicas na Construção de Edifícios: Aplicação para a vedação vertical de gesso acartonado. 2003. 205P. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2003

SOUZA, R. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes: aplicação à janelas de uso habitacional**. São Paulo, 1983. 181p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.

SOUZA, R. Normalização, controle da qualidade e manutenção de edifícios. SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS 1, 1988. Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 1-16.

STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE – SCI – Overcladding of existing building using light steel, **P274**, 1998.

— Case studies on light steel framing **P176/A**, 1997.

TAVARES, S.F; LAMBERTS, R. Consumo de energia para construção, operação e manutenção de edificações residenciais no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUTIDO. **Anais**. Maceió: ENTAC, outubro de 2005, p. 2037-45

TBC - Dossier thématique de Etude prospective sur les évolutions du marché et des technologies en France Perspectives en Europe: La façade légère. Edition juillet 2006. Disponível em: <<http://www.batifind.com>>. Acesso em dezembro de 2006.

TEBECHERANI, C. T. P. Aço inoxidável. Disponível em : <http://www.pipesystem.com.br/Artigos_Técnicos/Aço_Inox>. Acesso em junho de 2002.

TÉCHNE. Fachadas inteligentes. ed.129, dez. 2007, p.34-35.

TÉCHNE. Etiqueta de eficiência energética de edificações. ed.148, julho 2009, p.12.

TZEMPELIKOS, A. Simulation of facade and envelope design options for a new institutional building. **Solar Energy**, v.81,i9, sep. 2007.

UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION (UEAtc) - Directivas Comuns UEAtc para a Homologação de Fachadas Leves. Lisboa: LNEC, 1984. (tradução 587).

VENET, C. Lutte contre le bruit : point réglementaire. **CSTB magazine** v. 128, p. 48-49, mar./avril 2000.

VESPUCCI, A.C. Imóveis no centro exigem restauro. **Revista Urbs**, ano V, n.34, abril/maio 2004. Disponível em < <http://www.vivaocentro.org.Br/publicações/urbs/>> . Acesso em junho de 2006.

VIGAN, J. DICOBAT: **Dictionnaire général du bâtiment**. Ris-Orangis: Editions Arcature, 1993. 952p.

VITTORINO, F.; Akutsu, M. Normalização de ensaio de estanqueidade ao ar de janelas voltada ao conforto térmico de ambientes. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUTIDO 4, 1997. **Anais**. Salvador: ENTAC, 1997.

WIAZOWSKI, I. **Renovação e requalificação de edifícios de escritórios na região central da cidade de São Paulo**: o caso do edifício São Bartholomeu. 2007, 96p. (Monografia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

YILMAZ, Z. Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate. **Energy and Buildings** , v.9, p. 306–316, 2007.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 3.ed., 2005. 212p.

YIN, R. K. The case study as a serious research strategy. **Knowledge** (3), p.97-114, 1981.

ANEXO A

Publicações realizadas durante o período de Doutorado

Revistas e periódicos indexados

OLIVEIRA, L. A.; MAIZIA, M.; MELHADO, S.B. The integrated design process of building facade renovation: a French case study. **Revista G&T Projetos**, v.3, n.1, 2008.

OLIVEIRA, L. A.; THOMAZ, E.; MELHADO, S.B. Retrofit de Fachadas: Tecnologias Europeias. **Téchne**, ed.136, ano 16, julho de 2008.

OLIVEIRA, L. A.; MELHADO, S. B. Projeto de fachadas leves – Especificações de Desempenho. **Revista PÓS FAU-USP**, ed. 25, julho de 2009.

Congressos Internacionais

OLIVEIRA, L. A.; MAIZIA, M.; MELHADO, S.B. Influence of the performance and buildability requirements on the building quality: comparison between the Brazilian and the French renovation design process. In: DESIGN MANAGEMENT IN THE ARCHITECTURAL ENGINEERING AND CONSTRUCTION SECTOR UNIVERSITY OF SÃO PAULO – CIB, W98. 2008, São Paulo. **Proceeding**. Brazil, 4-8 November 2008.

Eventos e Congressos Nacionais

OLIVEIRA, L.A.; MELHADO, S.B. Análise da Qualidade do Processo de Projeto em função da ocorrência de problemas na etapa de execução da obra: estudo de caso. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, IV, 2005, Porto Alegre. **Anais**: SIBRAGEQ. Porto Alegre: ANTAC, 2005. CD Room - (artigo 13).

OLIVEIRA, L.A.; SILVA, E.B.; MELHADO, S.B. Requisitos de projeto em retrofit de fachadas. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, FLORIANÓPOLIS, 2005. Florianópolis. **Anais**. CD Room. Artigo 81.

OLIVEIRA, L.A.; MELHADO, S.B. Vedação Vertical em Componentes Leves Integrada à Estrutura Metálica de Edifício. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA CONSTRUÇÃO METÁLICA – III CICOM, 2006. Ouro Preto. **Anais**. CD Room.

OLIVEIRA, L. A.; BORGES, C. A .M.; MELHADO, S. B. Sistemas de Gestão Integrados: Análise em uma empresa-construtora In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 2006. Florianopolis. **Anais**: ENTAC. Florianopolis: ANTAC, 2006. CD-ROM

CROITOR, E.P; OLIVEIRA, L.A.; MELHADO, S.B. Etapa de diagnóstico de um projeto de reabilitação: um estudo de caso francês. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2007. Curitiba. **Anais**. CD Rom.