

Processo de Projeto Integrado: recomendações para empreendimentos com metas rigorosas de desempenho ambiental

Integrated Design Process: guidelines for building delivery with high environmental performance targets

FRANCISCO GITAHY DE FIGUEIREDO

VANESSA GOMES DA SILVA

Arquiteto e Urbanista, graduado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP).

Arquiteta e Urbanista, graduada pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Mestre e Doutora em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP), professora associada do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP).

chicogitahy@gmail.com

vangomes@fec.unicamp.br

Resumo

O Processo de Projeto Integrado (PPI) propõe o trabalho multidisciplinar dos vários agentes envolvidos desde o início do processo de projeto, sendo um dos primeiros passos a discussão e definição de um consenso entre cliente e projetistas quanto aos objetivos, metas de desempenho, meios, papéis e responsabilidades. Os objetivos deste artigo são: (1) sumarizar a referência teórica, composta pelos elementos metodológicos fundamentais que caracterizam PPIs; e (2), a partir da investigação de dois estudos de casos brasileiros, fazer recomendações para as etapas do PPI, que possam servir de referência para futuros projetos com metas rigorosas de desempenho ambiental. Em ambos os casos estudados, a investigação evidenciou que, apesar de vários elementos metodológicos de PPIs terem sido identificados, nem todos foram completamente ou mesmo parcialmente incorporados e o alcance das metas pré-definidas demandou esforço muito superior ao previamente estimado, com retrabalhos significativos. Por esta razão, são feitas recomendações para as etapas do PPI, que, se devidamente adequadas ao contexto e especificidades de cada situação, podem facilitar o processo e possibilitar o alcance de metas mais rigorosas de desempenho ambiental em futuros projetos.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Arquitetura; Construção civil - Aspectos ambientais; Metodologia de Projeto; gestão.



Abstract

The Integrated Design Process (IDP) proposes the multidisciplinary work of all actors involved since the beginning of the process. Among the first steps is the discussion and definition of a consensus between client and designers regarding goals, performance targets, means, roles and responsibilities. The objectives of this paper is to: (1) summarize the theoretical reference, which highlights the fundamental elements that define IDPs; and, based upon the investigation of two Brazilian case studies, (2) to present IDP guidelines aiming the facilitation of future design processes with rigorous environmental aspirations. In both cases the study made evident that even though several methodological elements were identified, not all of them were completely or even partially incorporated, and efforts to achieve the performance targets far exceeded the initial estimates, with considerable re-work. For this reason, IDP guidelines are presented as potential facilitators for achievement of ambitious environmental targets in future projects if the context and particularities of each case are taken into account early in the process.

Keywords: Sustainability; Architecture; Construction environmental; Design methodology; Management.

Processo de Projeto Integrado: recomendações para empreendimentos com metas rigorosas de desempenho ambiental

1 Introdução

Devido à importância estratégica da construção civil na busca pela sustentabilidade dos processos produtivos, é fundamental que novas demandas sociais e ambientais sejam incorporadas aos processos de projeto e construção de edificações. Segundo a *International Energy Agency* (2003), há um consenso entre vários autores quanto à necessidade de considerar os seguintes critérios de desempenho: minimização do consumo de recursos não renováveis, incluindo terra, água, matérias-primas e combustíveis fósseis; minimização de emissões para a atmosfera, relacionadas com o aquecimento global e acidificação; minimização de efluentes líquidos e resíduos sólidos; minimização dos impactos em ecos-sistemas locais; máxima qualidade dos ambientes internos, considerando conforto térmico, luminoso, acústico e qualidade do ar; flexibilidade e adaptabilidade do edifício; e custos, considerando-se o ciclo de vida do edifício (custo global da obra e custos de operação e manutenção).

Nos últimos anos, vem crescendo, no Brasil, a demanda por empreendimentos que busquem minimizar os seus impactos sobre o meio ambiente. Evidência disto é o aumento do número de edifícios em processo de certificação ambiental, com as ferramentas LEED™ (dos Estados Unidos), a partir de 2004, e Processo AQUA (adaptação brasileira do sistema francês Démarche HQE®), lançada em 2008. Existem, porém, vários obstáculos para que os conceitos desenvolvidos sejam efetivamente incorporados, entre os quais a indisponibilidade de informações confiáveis e de fornecedores que garantam o desempenho ambiental de seus produtos. Outro limite está relacionado à prática convencional de projeto, que dispõe de poucos recursos para o atendimento a metas mais agressivas de desempenho ambiental.

Usualmente, durante as primeiras etapas de processos convencionais, as soluções são desenvolvidas apenas pelo escritório de arquitetura e validadas pelo cliente. A contratação dos demais projetistas costuma ocorrer apenas nas etapas finais, quando os principais conceitos já estão definidos e as possibilidades de alteração são muito restritas. Trata-se de um processo segmentado e com grande isolamento entre as várias disciplinas. Muitos autores apontam estas características e uma profunda separação entre as etapas de projeto e construção como causadoras de muitas dificuldades para o

atendimento às demandas do empreendimento (MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003).

Em contraponto, o *Processo de Projeto Integrado* (PPI) calca-se no trabalho multidisciplinar integrado dos vários agentes envolvidos (cliente, arquiteto, projetistas, construtora, consultores etc.) desde o início do processo de projeto. Um dos primeiros passos é a discussão e definição de um consenso entre cliente e projetistas quanto aos objetivos, metas de desempenho, meios, papéis e responsabilidades. Outros elementos metodológicos também são considerados fundamentais, como o uso de ferramentas de simulação de desempenho energético ao longo de todo o processo.

Estes elementos aparecem em um conjunto de publicações elaborado pela *International Energy Agency*, reunindo metodologias e ferramentas para orientar processos de projeto com demandas de desempenho ambiental (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). O processo proposto foi denominado *Integrated Design Process* (IDP), aqui traduzido como *Processo de Projeto Integrado* (PPI). Outras referências importantes no tema incluem Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009). Autores brasileiros, focando a gestão de processos de projeto e produção de edifícios, também defendem a constituição de equipes multidisciplinares desde o início, com uma clara definição dos meios para a coordenação eficaz das atividades e interações entre disciplinas (MELHADO, 1994; 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003).

Atualmente existem, na Europa e América do Norte, vários exemplos de processos de projeto com essas características e estudos documentados revelam a eficácia das novas metodologias. O *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) avaliou o desempenho energético em seis exemplos de PPI, verificando reduções no consumo anual de energia de 25 a 70% (TORCELLINI et al., 2006).

2 Objetivo e abordagem metodológica

Os objetivos deste artigo são: (1) sumarizar a referência teórica, estabelecida a partir da bibliografia estudada, composta pelos elementos metodológicos fundamentais que caracterizam PPIs; e (2), a partir da investigação de dois estudos de casos brasileiros, fazer recomendações para as etapas do PPI, que possam servir de referência para futuros projetos com metas rigorosas de desempenho ambiental.

Os estudos de casos - empreendimentos com metas diferenciadas de desempenho ambiental - foram apenas brevemente sumarizados, cabendo maior ênfase às etapas de consolidação conceitual e de recomendações que deles se valeram. Os estudos de casos foram investigados por meio de entrevistas e estudo de documentos de projeto. A análise dos dados foi realizada, posicionando-se os casos em relação à referência teórica e discutindo-se as dificuldades e pontos positivos constatados.

3 **Processo de Projeto Integrado (PPI)**

A partir de experiências de PPI, na Europa e América do Norte, observou-se que o processo é caracterizado por uma série de ciclos iterativos, compondo cada etapa de projeto, nos quais as alternativas são formuladas, testadas e reformuladas até encontrar-se a melhor solução (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). Malin (2004) observa que processos iterativos também ocorrem em processos convencionais, mas de forma predominantemente isolada em cada disciplina, para o desenvolvimento de diferentes subsistemas, enquanto em PPIs a equipe trabalha colaborativamente para desenvolver todos os aspectos do projeto.

Na Figura 1, ilustrando processos convencionais, e na Figura 2, ilustrando o PPI, os pequenos quadrados representam os subsistemas desenvolvidos ao longo das etapas. Na primeira figura, há grande isolamento entre os subsistemas e uma parte deles (por exemplo, sistemas ativos para condicionamento e iluminação) é tratada apenas nas etapas finais de projeto. Em contrapartida, no PPI, devido à estreita colaboração entre todos os agentes, todos os subsistemas são considerados de forma integrada desde as etapas iniciais.

A caracterização proposta inicialmente pelo *Market Transformation to Sustainability* (2006) e, posteriormente, por 7group e Reed (2009) para o PPI também considera os ciclos iterativos. Segundo estes autores, o processo pode ser descrito simplesmente como a repetição de um padrão de *pesquisa e análise e reuniões de equipe completa* (Figura 2). As primeiras atividades de *pesquisa e análise* incluem a definição do programa de necessidades; a seleção do sítio; e a realização do levantamento e análise do local. Na *reunião de equipe inicial* é estabelecido um alinhamento de toda equipe em torno dos objetivos, princípios e metas do empreendimento. O relacionamento entre todos os projetistas responsáveis pelas disciplinas permite que os diferentes subsistemas sejam considerados de forma integrada, identificando-se, cedo, as interdependências.



Em seguida, novas atividades de *pesquisa e análise* alternam-se com a realização de *reuniões de equipe completa*, em ciclos iterativos.

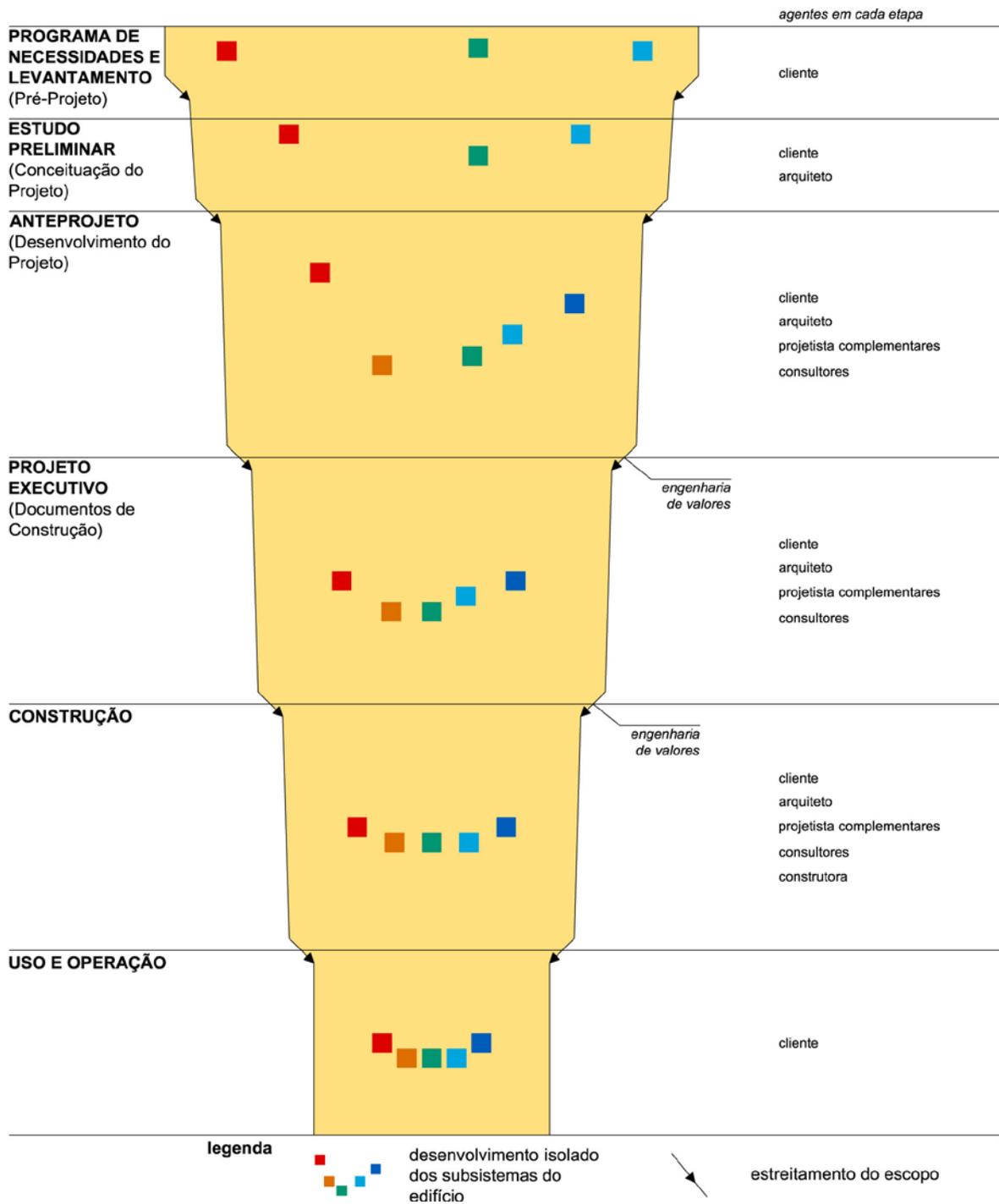


Figura 1 Processo de projeto convencional¹ (FIGUEIREDO, 2009)

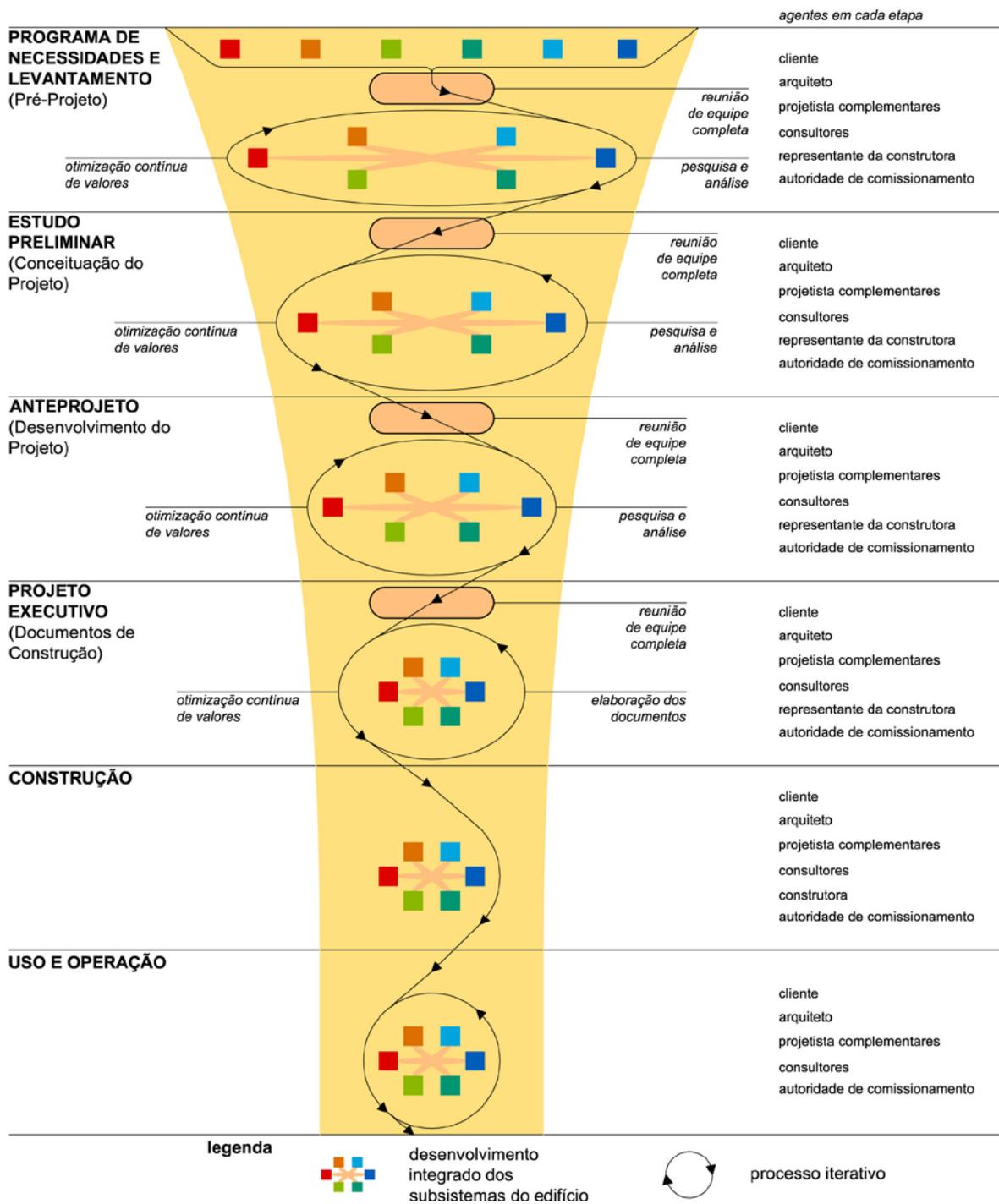


Figura 2 Processo de Projeto Integrado² (FIGUEIREDO, 2009)

Com base nas referências consultadas, o Quadro 1 resume cinco elementos metodológicos fundamentais que caracterizam PPIs.

Quadro 1 Elementos metodológicos do PPI (FIGUEIREDO, 2009)

	<p>01 Trabalho multidisciplinar integrado</p> <p>A equipe completa de projeto deve ser constituída o mais cedo possível e o trabalho multidisciplinar integrado deve ocorrer ao longo de todo o processo. Recomenda-se a realização de reuniões de equipe multidisciplinares, algumas vezes envolvendo todos os agentes e outras apenas com os agentes diretamente envolvidos na resolução de alguma questão específica do projeto. A participação e motivação do cliente na equipe são fundamentais. Também é recomendada a participação de representantes da construtora, desde o início, para maior integração entre as etapas de projeto e construção.</p>
	<p>02 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)</p> <p>A ADE³ engloba todo o ciclo de vida do edifício e fornece meios para o estabelecimento e verificação das metas para o empreendimento (PREISER; VISCHER, 2005). No início do processo, deve haver a discussão e definição de um <i>consenso</i> entre todos os membros da equipe, quanto aos objetivos, princípios, critérios e metas de desempenho. Ao longo do processo, estes elementos orientam o processo, sendo verificados e atualizados. Sistemas de avaliação e classificação do desempenho ambiental de edifícios podem ser ferramentas eficazes nesse sentido, se utilizadas corretamente, já que fornecem parâmetros para a definição e verificação das metas. Durante o uso e operação do edifício, as metas são avaliadas continuamente, por meio de monitoramento, comissionamentos e APOs esporádicas. Os resultados obtidos podem orientar ajustes e correções de elementos do edifício que não funcionaram como esperado e, caso sejam documentados e disponibilizados, servem de referência para projetos futuros.</p>
	<p>03 Gestão do processo</p> <p>No início do processo, devem ser acordados <i>consensualmente</i>, entre toda a equipe, os meios, papéis e responsabilidades. Recomenda-se a elaboração de um <i>Plano da Qualidade do Empreendimento</i> (PQE), contendo elementos, como (MELHADO, 2001): análise dos riscos para a qualidade; formas de comunicação; e pontos críticos para controle, análise crítica e validação. Um <i>fluxograma de atividades</i> e/ou um <i>mapa do PPI</i> deve fazer parte deste plano, identificando os papéis e responsabilidades dos agentes, atividades, tarefas, instrumentos e cronograma. A coordenação do projeto é considerada muito importante, recomendando-se a contratação de um especialista externo (facilitador), caso as competências para coordenação e controle não estejam disponíveis na equipe.</p>
	<p>04 Simulação de desempenho energético</p> <p>As simulações devem ser empregadas desde o início e ao longo de todo o processo, para definição de metas, verificação do atendimento destas e apoio ao desenvolvimento das soluções de projeto. Para tanto, é necessária a participação de um especialista em desempenho energético na equipe de projeto, responsável pela condução das simulações, fornecimento de informações específicas e auxílio na análise das soluções de projeto propostas.</p>
	<p>05 Otimização contínua de valores</p> <p>Este elemento implica em considerar contínua e conjuntamente os critérios de desempenho (funcionais e ambientais) e os custos, considerando o ciclo de vida do edifício e todas as interações entre subsistemas, já que custos adicionais com determinados subsistemas podem ser compensados por reduções no dimensionamento geradas em outros (7GROUP; REED, 2009). Isto deve ocorrer ao longo de todo o processo e, por esta razão, o consultor de custos (com experiência em custos ao longo do ciclo de vida) deve ser incluído na equipe principal desde a etapa inicial.</p>

4 Estudos de caso

O primeiro estudo de caso é o processo de projeto e construção de um edifício para abrigar o *SAP Labs Brazil*, em São Leopoldo, RS. A empresa multinacional SAP atua na área de desenvolvimento de softwares e sistemas. O projeto de arquitetura foi desenvolvido pela *Eduardo de Almeida Arquitetos Associados*, em co-autoria com a *Shundi Iwamisu Arquitetos Associados (SIAA)*, que venceram a concorrência a convite realizada em março e abril de 2007. Em junho de 2009 o edifício foi inaugurado. Atualmente o projeto está em processo de certificação LEED™.

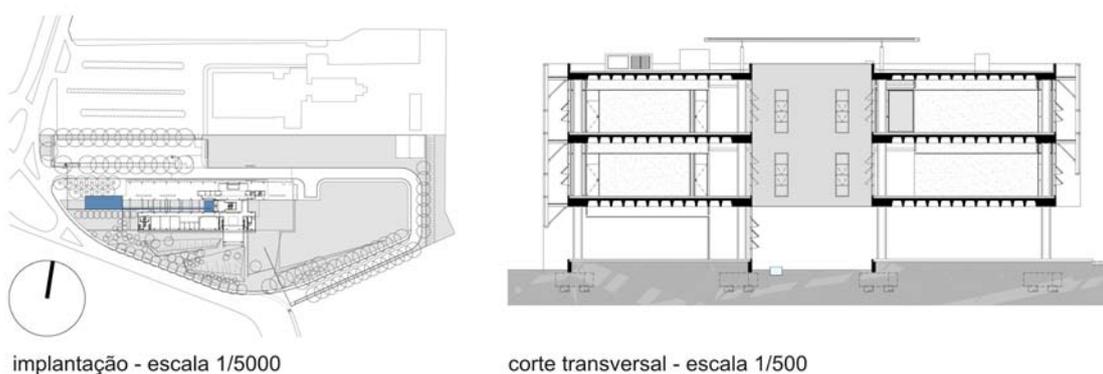


Figura 3 SAP Labs Brazil (imagens gentilmente cedidas pela *Eduardo de Almeida Arquitetos Associados* e *Shundi Iwamisu Arquitetos Associados*)

O segundo estudo de caso é o processo de projeto e obra de um novo complexo de edifícios, para ampliação do *Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES)*, da Petrobrás, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. O projeto de arquitetura foi desenvolvido pela *Zanettini Arquitetura*, em co-autoria com José Wagner Garcia, tendo sido iniciado, em março de 2004, após recebimento de carta convite para o concurso do projeto. Há uma previsão de entrega de uma primeira etapa de implantação em 2010. A Ampliação do CENPES também está em processo de certificação LEED™, tendo sido protocolado em 2004. Trata-se do primeiro projeto registrado neste sistema de avaliação e certificação ambiental no Brasil.

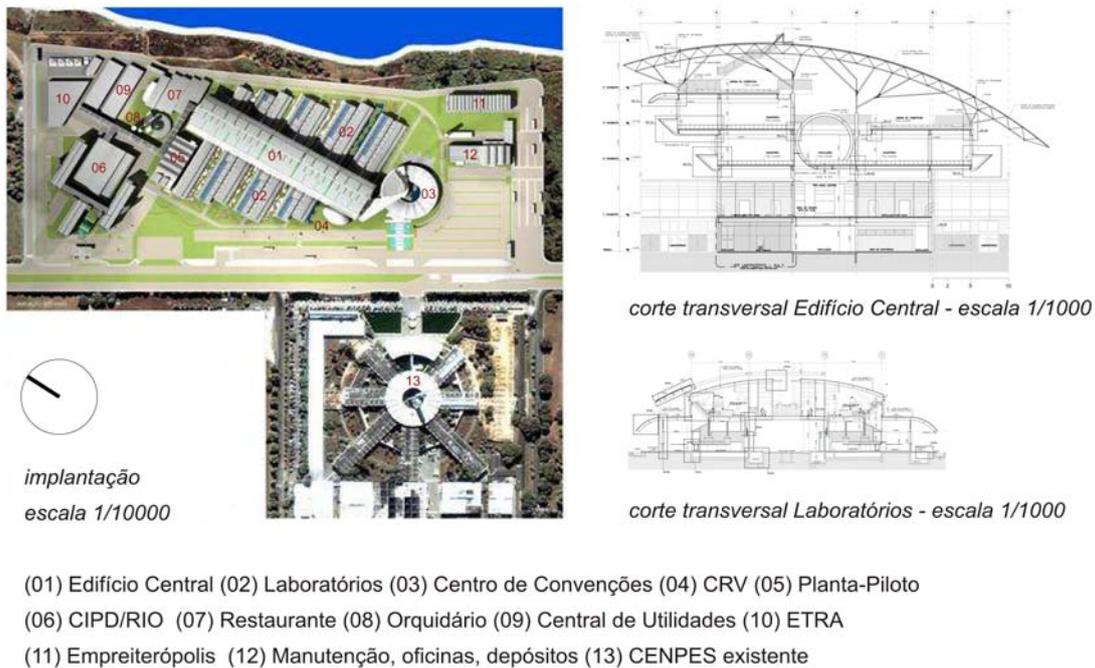


Figura 4 Ampliação do CENPES (imagens gentilmente cedidas pela Zanettini Arquitetura)

A investigação dos processos de projeto revelou, em ambos os casos, uma presença parcial dos elementos metodológicos que caracterizam PPIs, incluindo: (1) a incorporação de requisitos de desempenho ambiental nos editais dos concursos; (2) adoção de sistemas de avaliação e certificação ambiental; (3) uma maior interação entre as disciplinas de projeto e consultoria; (4) o uso de ferramentas computacionais de simulação; e (5) uma intensa participação e motivação dos clientes. Estes tiveram uma influência significativa sobre os resultados positivos alcançados.

Foram constatadas, porém, diferenças importantes em relação à referência teórica de PPI, incluindo: (1) uma maior presença dos elementos metodológicos apenas nas etapas finais de projeto, após a contratação dos projetistas e consultores; (2) metas de desempenho ambiental definidas apenas pelos clientes, sem uma discussão e definição *consensual* entre os agentes; e (3) ausência de reuniões de equipe completa, centralizando-se nas equipes de arquitetura as tarefas de integrar os subsistemas.

Os dois estudos de caso revelam que passos importantes foram dados, mas ainda existe muito espaço para avanços nos arranjos de processos de projeto e produção, para a melhoria do desempenho ambiental de edificações. Por esta razão, no próximo item, os elementos metodológicos são examinados com maior detalhe e feitas recomendações para cada etapa do PPI.



5 Recomendações para as etapas do PPI

5.1 Programa de Necessidades e Levantamento (Pré-Projeto)

No início desta etapa, devem ser realizadas atividades de *pesquisa e análise*, elaborando-se o programa de necessidades e uma minuciosa análise do local. Estes dados servirão de base para uma primeira reunião multidisciplinar, com a equipe completa, para criar alinhamento e uma compreensão clara das informações de entrada do projeto e do PPI, entre todos. A Figura 5 sintetiza as atividades da etapa.

Programa de necessidades

É consenso entre muitos autores e profissionais da área que o *programa de necessidades* desempenha um papel fundamental em processos de projeto e produção de edifícios. Moreira e Kowaltowski (2009) definem este documento, como o levantamento, compreensão e organização das informações necessárias para o desenvolvimento do projeto. Os autores explicam que a elaboração do programa é um processo de análise do contexto, abrangendo situações, não apenas físicas e limitadas por uma área ou terreno e características geográficas, mas também de uso, culturais, urbanas, estruturais etc.. O programa deve ser bastante completo e claro, compreendendo as principais áreas, funções, proximidades e adjacências. Os requisitos funcionais devem ser expressos, inclusive, por meio de parâmetros para o conforto térmico, acústico, luminoso e qualidade do ar.

Levantamento e análise do local

Uma pesquisa e análise do sítio e entorno são fundamentais. Uma avaliação mais simplificada poderá auxiliar na escolha do sítio, mas, depois de selecionado o local, terá de ser minuciosa, para orientar as futuras decisões de projeto. Se possível, recomenda-se que o cliente e futuros usuários participem desta análise (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). A investigação das implicações energéticas pode ser baseada em uma primeira simulação de eficiência energética e análise preliminar, envolvendo o estudo das características do local e clima e criação de um *modelo-base* simplificado do edifício, a partir dos requisitos programáticos e funcionais (TORCELLINI et al., 2005).

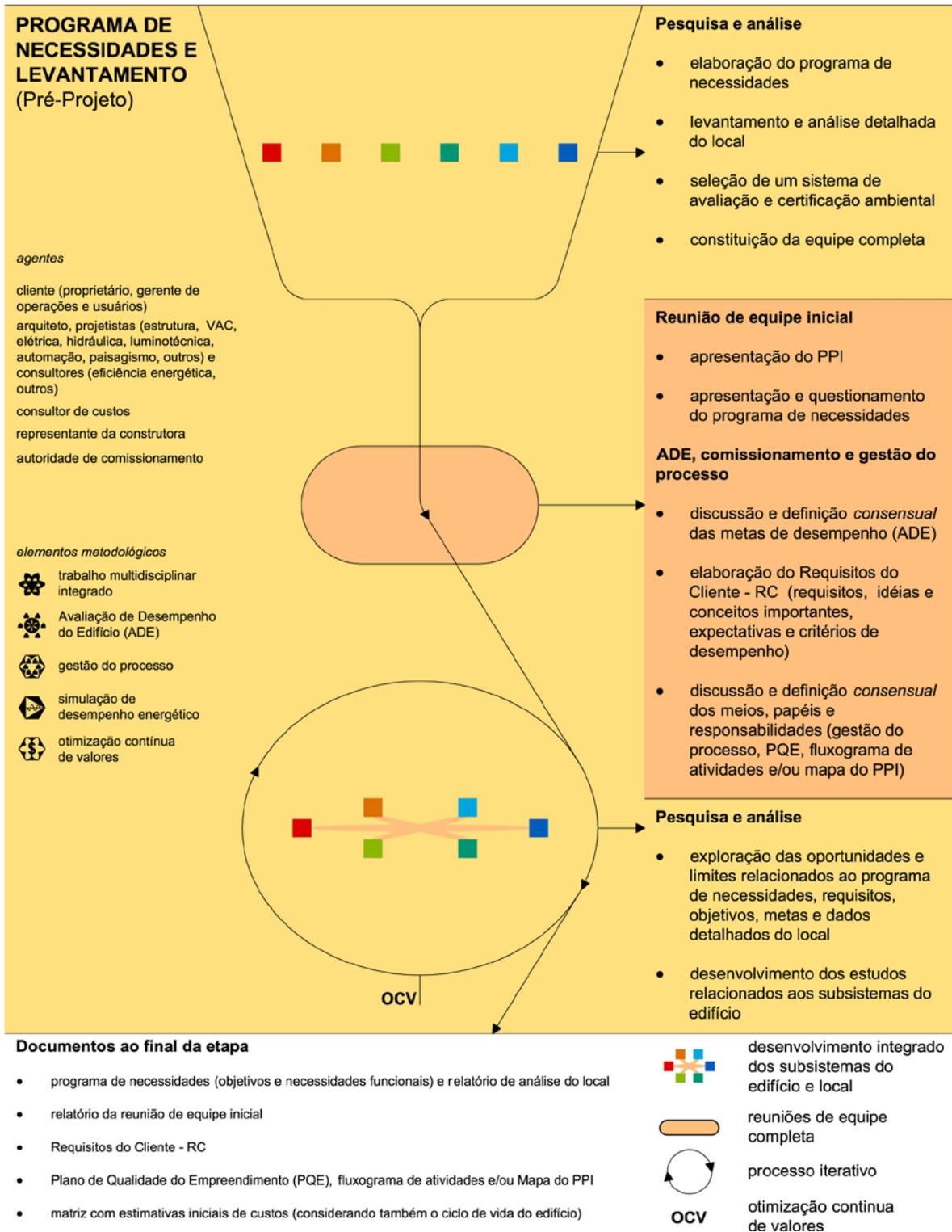


Figura 5 Etapa de *Programa de Necessidades e Levantamento* (FIGUEIREDO, 2009)



Seleção de um sistema de avaliação e certificação ambiental

A adoção de um sistema de avaliação e certificação ambiental disponível para o local é recomendada, pois este pode auxiliar na definição de metas específicas de desempenho. Entretanto é importante que o sistema selecionado seja entendido como uma ferramenta de suporte para alcançar metas mais rigorosas, e não como uma finalidade em si. Como as variáveis são muitas e diferem muito em cada caso, requisitos específicos podem ser inadequados ou conflitantes. É fundamental, então, o questionamento e análise crítica, por parte da equipe, de cada requisito e meta, considerando os objetivos, expectativas e necessidades particulares, bem como as interdependências entre diferentes sistemas. Atualmente, no Brasil, estão disponíveis os sistemas LEED™ e Processo AQUA.

Constituição da equipe

A equipe de projeto deve ser formada o mais cedo possível, para assegurar as entradas de informação e o suporte técnico necessários durante a etapa inicial do processo. Uma configuração específica da equipe de projeto precisa ser desenvolvida e adaptada para cada caso, de acordo com as particularidades e objetivos do projeto. No entanto, para projetos com metas rigorosas de desempenho ambiental, os seguintes agentes devem estar presentes já na primeira reunião de trabalho (7GROUP; REED, 2009): cliente; gerente de operação; representantes dos usuários; coordenador de projetos; arquiteto e demais projetistas; especialista em eficiência energética; consultor de custos; representante da construtora; e a autoridade de comissionamento. A contratação de um *facilitador*⁴ talvez seja necessária, caso as competências para coordenação e controle não estejam disponíveis na equipe. Este agente se dedica à coordenação e gestão do processo, e detém competência nos conteúdos específicos relacionados às metas de desempenho ambiental (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

Como o PPI envolve uma estreita colaboração entre os membros da equipe, desde o início do processo, e estes terão de desempenhar papéis não usuais, todos devem ser consultados quanto à vontade e interesse em participar do processo e cruzar as fronteiras de práticas profissionais convencionais (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003).



Reunião inicial multidisciplinar de equipe

Uma primeira reunião de trabalho multidisciplinar é recomendada, ainda nesta etapa, com a participação de toda a equipe. A pauta desta reunião deve incluir: apresentação sobre o PPI; questionamento do *programa de necessidades*; discussão e definição *consensual* das metas de desempenho (início da ADE) e dos meios, papéis e responsabilidades (gestão do processo); e apresentação dos dados do local.

Um pré-requisito essencial para a cooperação e comprometimento dos agentes é a comunicação das vantagens de um processo de projeto orientado para a integração da equipe. Recomenda-se que, num primeiro momento, seja conduzida uma apresentação sobre PPI, já que muito raramente todos os participantes estão familiarizados com este modelo de processo.

ADE, comissionamento e gestão do processo

O estabelecimento das metas de desempenho no início do processo corresponde ao primeiro passo da ADE. Nas etapas seguintes, as soluções de projeto propostas deverão ser verificadas em relação às metas, que deverão ser regularmente atualizadas. Uma definição *consensual* destes elementos é uma maneira eficaz para estabelecer um alinhamento entre a equipe.

Procedimentos para a *gestão do processo* também precisam ser definidos e posteriormente formalizados em um *Plano da Qualidade do Empreendimento* - PQE. Este deve incluir (MELHADO, 2001): a padronização dos sistemas de comunicação, definindo-se hierarquias e meios para a transferência de informações e compatibilizações; e os procedimentos para controle, verificação, análise crítica e validação de elementos do projeto. Um *fluxograma de atividades* e/ou um *mapa do PPI* poderá fazer parte deste plano, identificando detalhadamente os papéis e responsabilidades dos agentes, atividades, tarefas e o cronograma (ROMANO, 2003; 7GROUP; REED, 2009). Ao final da reunião, os agentes devem concordar e estar comprometidos com os objetivos, princípios, metas, PQE e mapa do PPI.

Outro conceito importante é o de *comissionamento* dos sistemas do edifício. Trata-se de um procedimento formal visando prover comprovação documentada de que os sistemas do edifício funcionam de acordo com os critérios estabelecidos nos documentos de projeto e necessidades de operação do cliente (BUILDING COMMISSIONING ASSOCIATION, 1999). Recomenda-se que a autoridade de comissionamento participe

da primeira reunião e sua primeira tarefa poderá ser a elaboração do documento de *Requisitos do Cliente (RC)*, a partir do *programa de necessidades* e do *relatório da reunião de equipe inicial*. O RC deve conter requisitos do cliente para o projeto, expectativas quanto ao desempenho esperado e explicitar idéias importantes, conceitos e critérios de desempenho (PREISER; VISCHER, 2005).

Na reunião de equipe inicial também é necessária a apresentação dos dados levantados durante a pesquisa e análise do local, que servirá de base para uma primeira exploração de alternativas de soluções para energia e seleção de sistemas. Neste momento deverão ser consideradas estimativas iniciais de custo para as alternativas de soluções e tecnologias para o projeto.

Pesquisa e análise

Em seguida, deve haver novas atividades de *pesquisa e análise*. Os vários agentes poderão desenvolver isoladamente os trabalhos, a partir das informações de entrada já examinados. Oportunidades e limites relacionados ao programa de necessidades, requisitos, objetivos, metas e dados detalhados do local devem ser explorados. Estudos relacionados aos subsistemas devem ser desenvolvidos.

5.2 Estudo Preliminar (Conceituação do Projeto)

Nesta etapa, a equipe deve continuar as atividades de *pesquisa e análise*. Alternativas para os conceitos devem ser desenvolvidas de forma colaborativa, aproveitando-se as habilidades e conhecimentos de todos os membros. Enquanto o escopo para os trabalhos de pesquisa, análise e proposição de alternativas deve ser mantido amplo, as metas de desempenho precisam ser firmadas, definindo-se os critérios, unidades de medida e bases de referência com clareza (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 6.

Reunião multidisciplinar de equipe

Recomenda-se que, na passagem da etapa anterior para essa, seja realizada uma nova *reunião de equipe completa*, para o compartilhamento de resultados dos trabalhos de pesquisa e análise e início da exploração de alternativas para as soluções e sistemas. Conceitos preliminares precisam ser propostos, considerando-se as interações entre subsistemas, objetivos e metas de desempenho.



Figura 6 Etapa de *Estudo Preliminar* (FIGUEIREDO, 2009)



Pesquisa e análise

Após a reunião geral de equipe, novas atividades de *pesquisa e análise* devem ocorrer, repetindo-se esse padrão ao longo de todo o processo de projeto (7GROUP; REED, 2009). Uma série de reuniões presenciais para desenvolvimento de soluções específicas também são necessárias ao longo das etapas de projeto, participando os membros principais da equipe e aqueles diretamente envolvidos com o problema de projeto em pauta.

A otimização entre as soluções de projeto deve ser buscada, considerando-se simultaneamente o custo do empreendimento, oportunidades de redução de custos de capital e economias durante a operação, que são as questões chaves para as decisões de projeto. É fundamental que os custos sejam considerados em função de todo o ciclo de vida do edifício e esforços devem ser despendidos para convencer o cliente quanto às vantagens de longo prazo, relacionadas ao atendimento a metas agressivas de desempenho ambiental.

Esta pode ser uma tarefa difícil, por que vantagens financeiras de curto prazo costumam ser priorizadas para a tomada de decisões. Uma apresentação das implicações quanto aos custos ao longo do ciclo de vida é uma maneira eficaz para convencer o cliente a rever considerações de curto prazo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). 7group e Reed (2009) também relatam várias situações nas quais a decisão por adotar determinados sistemas mais caros se deu devido à demonstração de que os custos adicionais seriam compensados pelo menor dimensionamento de outros sistemas (por exemplo, de condicionamento ativo) ou até mesmo eliminação de sistemas inteiros.

ADE, comissionamento e gestão do processo

É fundamental que, durante todo o processo, os desempenhos resultantes das alternativas de soluções desenvolvidas sejam verificados em relação às *bases de referência* e metas estabelecidas anteriormente (7GROUP; REED, 2009). Alternativas de soluções de projeto devem ser modeladas e simuladas, para avaliação das implicações energéticas (TORCELLINI et al., 2005). Quanto à gestão do processo, é importante a realização das atividades e tarefas conforme o PQE e o *fluxograma de atividades*, que engloba também o cronograma.

Quanto ao processo de comissionamento, neste momento, as metas de desempenho devem ser definidas com maior rigor. A autoridade de comissionamento, deverá então elaborar, com a colaboração da equipe, a *Base Consensual de Projeto* (BCP), traduzindo-se o documento mais geral de RC em uma descrição técnica das metas de desempenho, unidades de medidas e bases de referência, definidas para cada sistema do edifício (7GROUP; REED, 2009). Ambos os documentos, RC e BCP, orientarão as decisões de projeto, verificando-se o atendimento às metas estabelecidas. Estes documentos, o PQE e o *fluxograma de atividades* devem ser atualizados, considerando novas necessidades, oportunidades e restrições.

5.3 Anteprojeto (Desenvolvimento do projeto)

As atividades de *pesquisa e análise* devem continuar sendo aprofundadas, mas à medida que os vários projetos são detalhados, o escopo de investigação vai se estreitando, bem como as possibilidades de alterações. Materiais e componentes já pré-selecionados anteriormente precisam ser definidos em função dos sistemas do edifício (estrutural, condicionamento, iluminação etc.).

Projetos detalhados e cálculos incluem: a verificação das demandas térmicas e de energia; sistemas de iluminação (natural e artificial); sistemas de condicionamento (passivos e ativos); instalações hidrossanitárias e sistemas para uso racional e economia de água; e instalações elétricas, sistemas de cogeração e fontes de energia renovável (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). A incorporação e desenvolvimento de soluções inovadoras precisam ser examinados em separado e, caso necessário, por meio de testes e simulações. As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 7.

Reunião multidisciplinar de equipe

Na passagem da etapa anterior para esta, os conceitos de projeto devem ser selecionados, entre as alternativas propostas, e aprovados, baseando-se nas avaliações de desempenho. Para esta tarefa, deve haver uma nova reunião de equipe multidisciplinar, na qual os resultados dos trabalhos de *pesquisa e análise*, bem como as alternativas de soluções, poderão ser compartilhados e avaliados (7GROUP; REED, 2009).

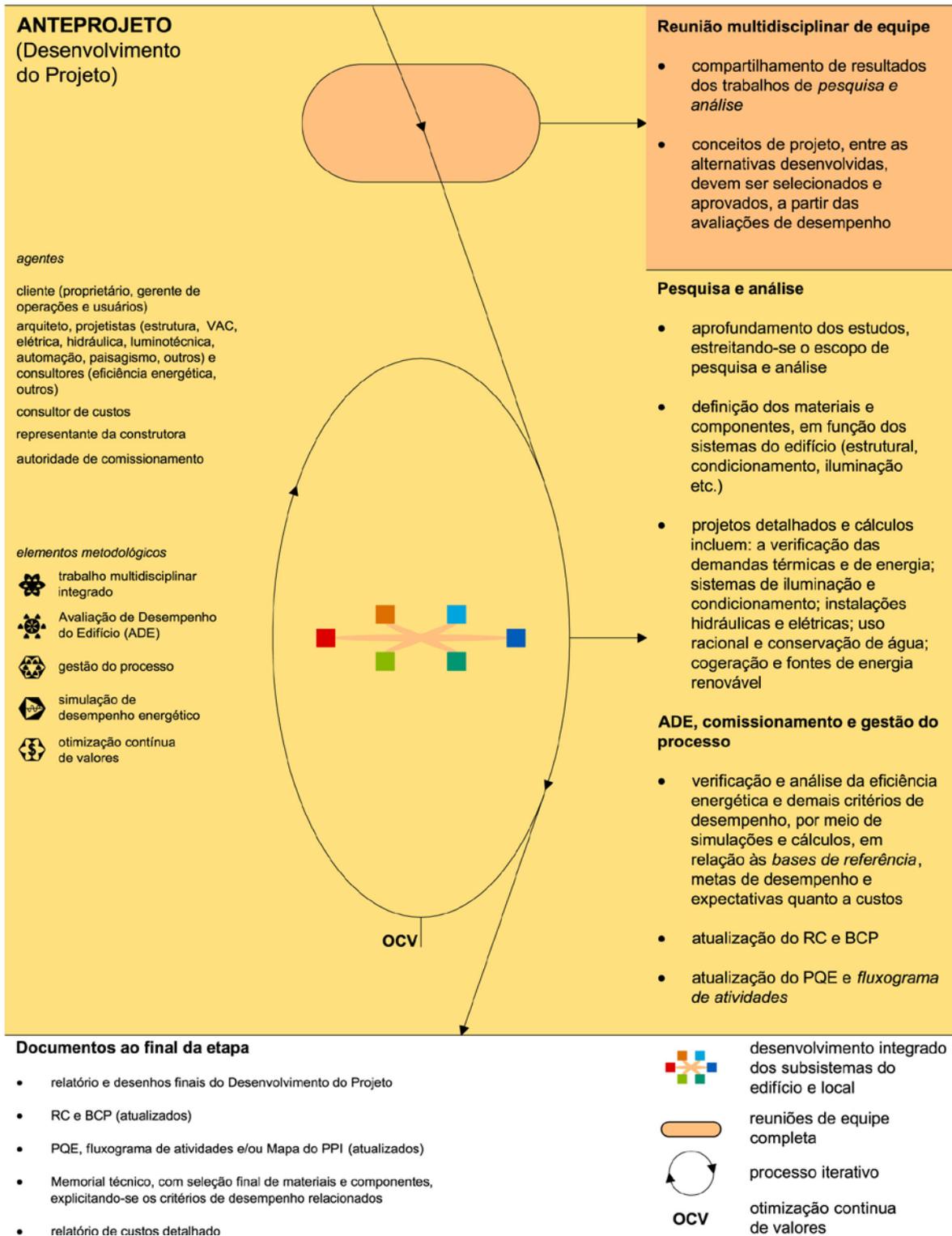


Figura 7 Etapa de Anteprojeto (FIGUEIREDO, 2009)

Pesquisa e análise

Após a reunião, novas atividades de *pesquisa e análise* devem ser realizadas. Quanto às implicações energéticas, o modelo do edifício deve ser atualizado e novas simulações devem ser conduzidas, para orientar decisões referentes ao conjunto de sistemas. Isto possibilitará um dimensionamento mais exato dos sistemas e uma otimização do consumo e custos de energia, bem como do conforto ambiental dos usuários (TORCELLINI et al., 2005). Quanto à seleção de *materiais*, as especificações precisam ser verificadas caso a caso, quanto ao desempenho ambiental. O conceito de Análise do Ciclo de Vida⁵ (ACV) deve ser utilizado, na extensão possível, e comparações entre opções devem ser baseadas em equivalência funcional, considerando todo o ciclo de vida do edifício (SILVA, 2007).

ADE, comissionamento e gestão do processo

A eficiência energética e demais critérios de desempenho precisam ser verificados e analisados, por meio de simulações e cálculos, para verificação em relação às *bases de referência*, metas de desempenho e expectativas quanto a custos. Com o auxílio da autoridade de comissionamento, os documentos de RC e BCP precisam ser atualizados, conforme as necessidades do processo. Os procedimentos de gestão devem seguir as orientações definidas anteriormente e o PQE e o *fluxograma de atividades* devem ser atualizados.

5.4 Projeto Executivo (Documentos de Construção)

Nesta etapa, os documentos de projetos, incluindo desenhos e especificações, são detalhados, a partir dos documentos aprovados da etapa anterior. A Figura 8 sintetiza as atividades da etapa.

Reunião multidisciplinar de equipe

A integração alcançada nas etapas anteriores precisa ser mantida, apesar das pressões de prazos cada vez maiores. É recomendada a realização de uma reunião de equipe multidisciplinar no início da etapa, na qual deve ser verificado o alcance das metas, considerando as interdependências entre sistemas. Também precisam ser identificadas as necessidades específicas, para incorporação dos critérios de desempenho nas especificações.

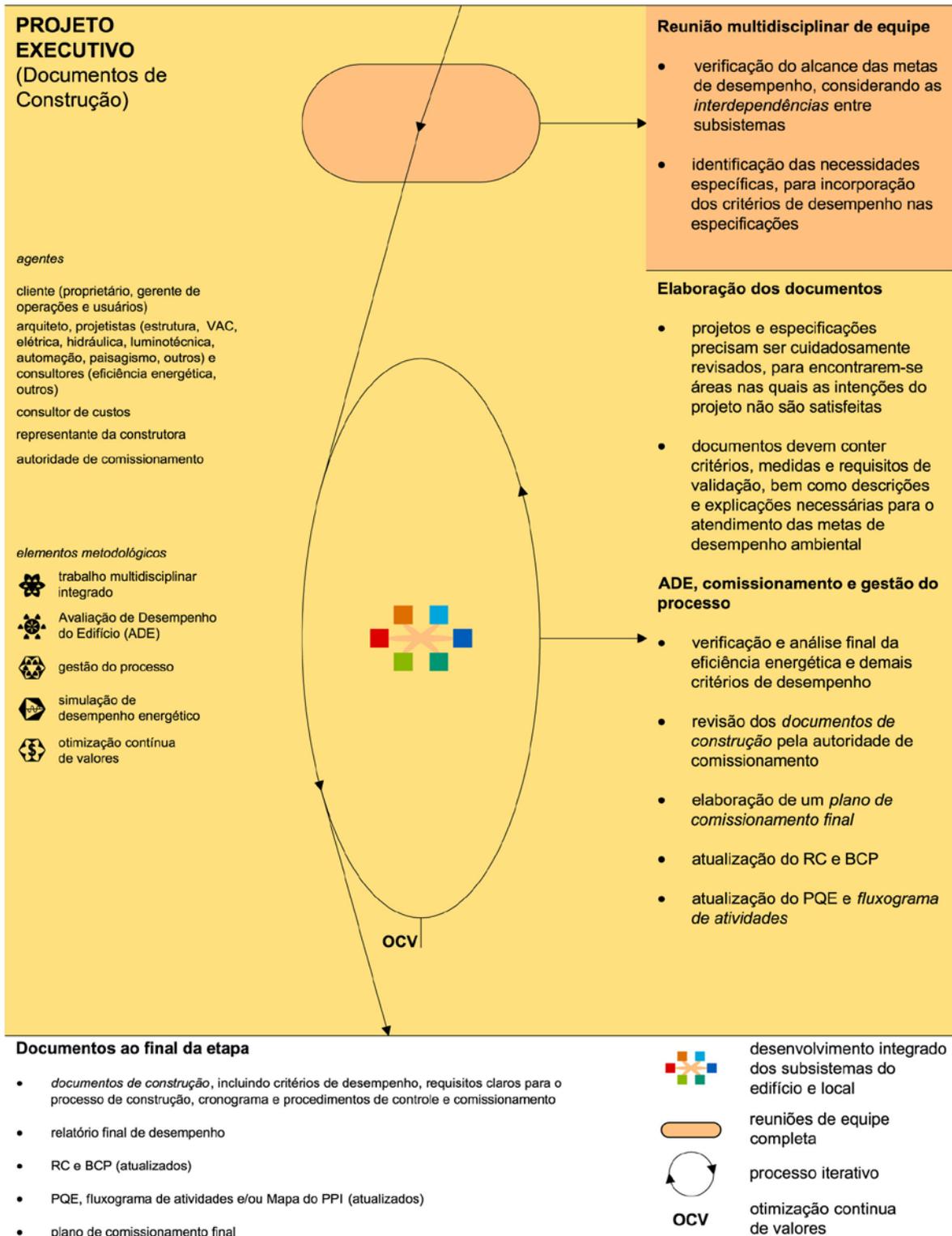


Figura 8 Etapa de *Projeto Executivo* (FIGUEIREDO, 2009)



Elaboração dos documentos

Os documentos de construção devem conter critérios, medidas e requisitos de validação, bem como descrições e explicações necessárias para o atendimento das metas de desempenho ambiental. Para processos de certificação ambiental, as metas relacionadas, pré-requisitos, requisitos e documentação necessária precisam ser explicitados e formalizados nos documentos (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

ADE, comissionamento e gestão do processo

Para a ADE, a eficiência energética e demais critérios de desempenho precisam ser verificados e analisados novamente, por meio de simulações, cálculos e avaliações de custos, para assegurar o atendimento às metas almejadas e demonstrar atendimento a normas e legislação (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003).

Quanto ao comissionamento, os *documentos de construção* devem ser revistos pela autoridade de comissionamento, para assegurar que os desempenhos esperados estejam adequadamente adereçados nos projetos e especificações (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). Também deve ser elaborado um *plano de comissionamento final*, que deve incluir todos os elementos construtivos relevantes e sistemas técnicos.

5.5 Construção

As atividades desta etapa são desenvolvidas a partir dos *documentos de construção*. No caso de seleção das construtoras por meio de licitação, é muito importante que as intenções do projeto e metas de desempenho estejam explicitados com clareza nos documentos e sejam posteriormente formalizados nos contratos. Estes documentos devem conter requisitos, orientações e procedimentos que possibilitem a verificação e documentação, por parte das construtoras, dos aspectos relacionados às metas de desempenho estabelecidas. Requisitos específicos para supervisão, controle e procedimentos de comissionamento, justificados pelas metas de desempenho almejadas, devem estar definidos detalhadamente. As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 9.

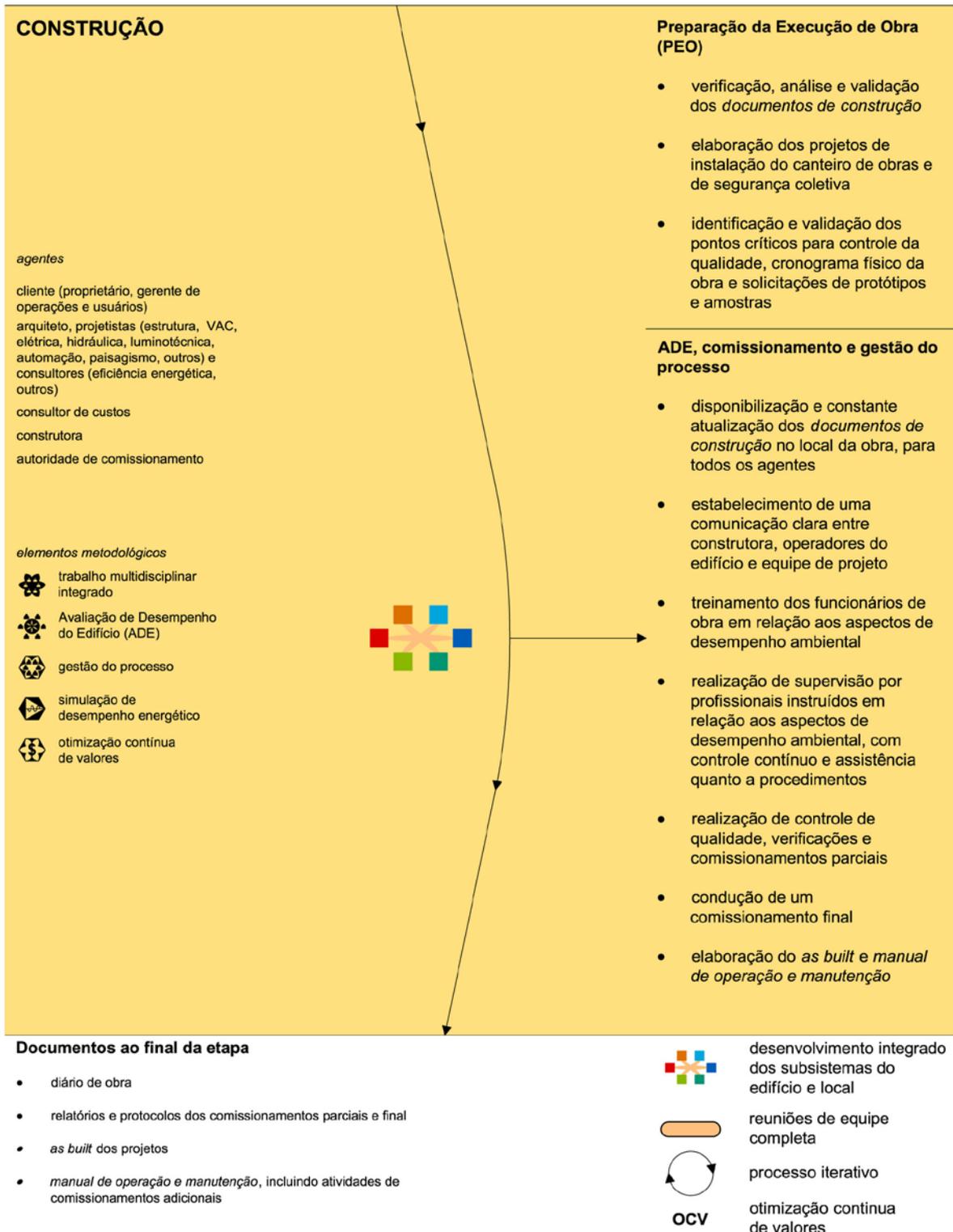


Figura 9 Etapa de *Construção* (FIGUEIREDO, 2009)



Preparação da Execução de Obras (PEO)

Depois de contratadas as construtoras, é necessário alocar um período adequado para a transferência de informações entre os representantes das etapas de projeto e construção. Uma subfase de *Preparação da Execução de Obras* (PEO) poderá ser adotada, com este propósito (MELHADO, 2001).

Souza (2001) recomenda que, durante este período, todos os *documentos de construção* sejam verificados, analisados e validados, incluindo: projetos; memoriais descritivos; detalhamentos; e projetos para produção. Este também é o momento para a elaboração dos projetos de instalação do canteiro de obras e de segurança coletiva. Problemas de interface, envolvendo diferentes serviços, devem ser identificados e solucionados. Segundo a autora, outros elementos que podem ser definidos nesse período incluem: identificação e validação dos pontos críticos para controle da qualidade; o cronograma físico da obra; e solicitações de protótipos e amostras necessários nos canteiros.

ADE, comissionamento e gestão do processo

Uma gestão eficiente da comunicação e documentos de projeto é imprescindível, já que assegura que todos os agentes estejam sempre atualizados quanto às informações válidas. Os *documentos de construção* devem ser disponibilizados e constantemente atualizados no local da obra. Cronogramas de revisão de projeto e vistorias na obra também são fundamentais. A supervisão da construção, por profissionais instruídos em relação aos aspectos de desempenho ambiental, deve incluir controle contínuo e assistência quanto a procedimentos não usuais (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003).

Quanto à ADE, verificações e *comissionamentos parciais*, durante a etapa de construção, são recomendados, incluindo testes específicos, para validação dos elementos relacionados ao desempenho ambiental. É necessário garantir o controle de qualidade, verificando-se a fabricação e execução de todos os principais elementos construtivos. Também é recomendado que as alterações consideradas necessárias sejam informadas aos agentes envolvidos e verificadas, com tanto cuidado, quanto foram todos os elementos da versão original. Ocasionalmente, simulações são necessárias para ajudar a resolver problemas identificados nesta etapa final e para responder a alterações (TORCELLINI et al., 2005).



No final da etapa, deve ser conduzido um *comissionamento final*, no qual os desempenhos de cada sistema do edifício devem ser avaliados, em função das intenções de projeto, e registrados, pela autoridade de comissionamento. A intenção é assegurar que todos os sistemas e controles funcionam de acordo com as intenções do projeto. O gerente de operações (ou representante) deve participar dos procedimentos, de forma a se familiarizar com os sistemas.

5.6 Uso e Operação

No início da etapa de uso e operação do edifício, há uma fase de transição, na qual deve ser assegurada uma transferência adequada de informações, das equipes de projeto e construção, para o proprietário, usuários e operadores. A adoção de elementos, como *mensuração e verificação contínua*, *Avaliação Pós-Ocupação (APO)* e *recomissionamentos*, poderá garantir um melhor funcionamento do edifício, uma maior eficiência dos sistemas e manutenções mais apropriadas. A Figura 10 sintetiza as atividades da etapa.

Transferência de informações e treinamento

É muito importante a transferência de informações e treinamento do proprietário, usuários e funcionários de operação e manutenção, com relação à correta operação dos sistemas do edifício. A eficiência energética para operação do edifício poderá ser otimizada, apenas se os usuários e operadores compreendam como os sistemas interagem (TORCELLINI et al., 2005). Um plano de operação pode garantir tanto um bom funcionamento dos sistemas, como uma melhor compreensão dos procedimentos, por parte dos usuários. Neste sentido, é fundamental o fornecimento do *as built* de todos os projetos e de um *manual de operação e manutenção*, incluindo informações sobre ajustes, correções e alterações possíveis, sem o comprometimento das principais funções, sistemas e componentes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). A atualização do *as built*, com todas as alterações realizadas, constitui a base para futuras mudanças.

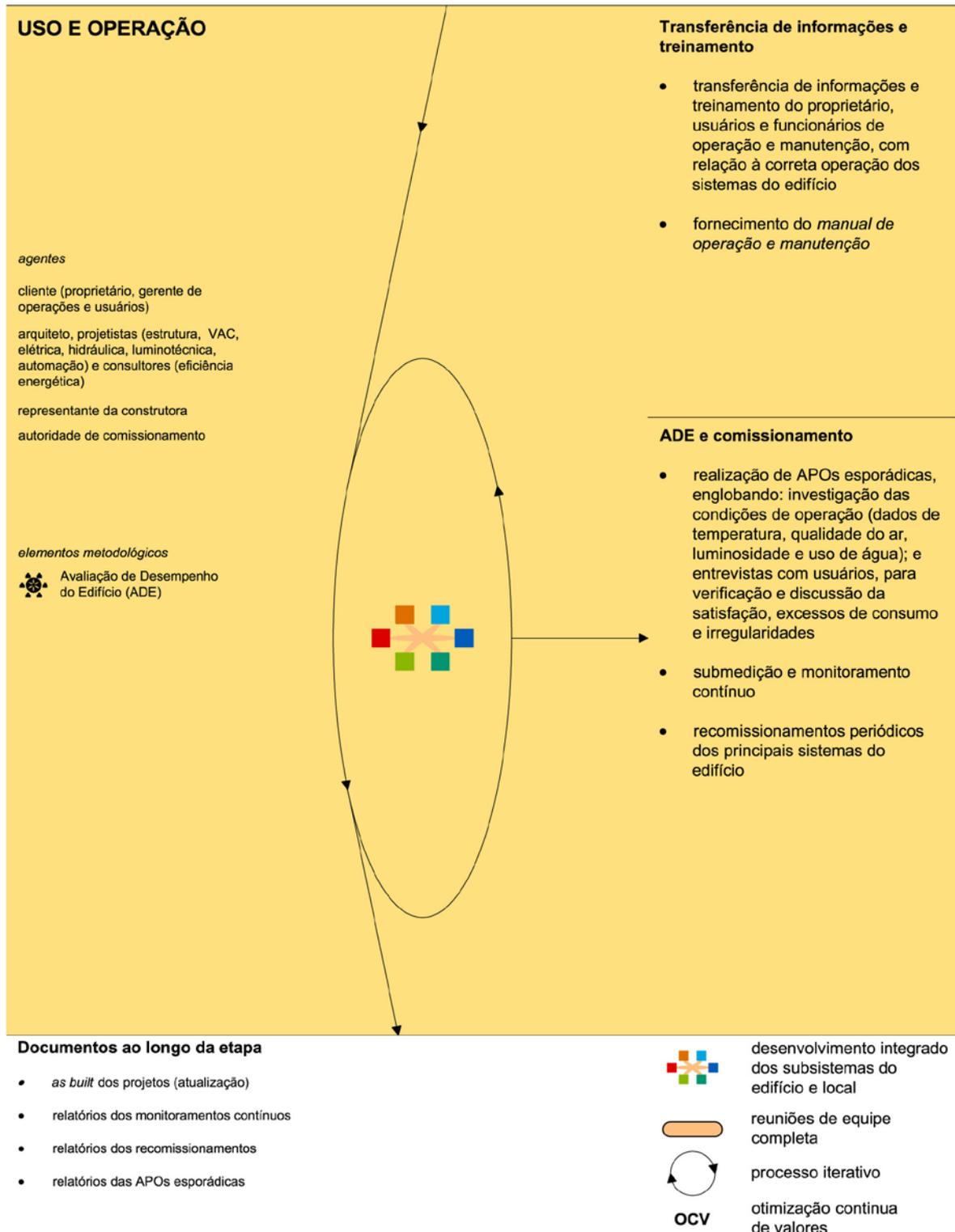


Figura 10 Etapa de *Uso e Operação* (FIGUEIREDO, 2009)



ADE e recomissionamento

É muito importante a realização de APOs esporádicas, que devem ser entendidas como sub-estágios da ADE. Um plano para a APO deve incluir a investigação das condições de operação, por exemplo, verificando dados de temperatura, qualidade do ar, luminosidade e uso de água, e entrevistas esporádicas com usuários, conduzidas e avaliadas por especialistas, para verificação e discussão da satisfação, excessos de consumo e irregularidades (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). Os dados levantados deverão ser comparados com as metas de desempenho definidas nas etapas de projeto.

Os procedimentos e rotinas de operação e manutenção devem incluir verificações contínuas do desempenho ambiental e eficiência energética. Por esta razão, deve-se recomendar, ainda na etapa de projeto, a adoção de submedição e monitoramento contínuo, possibilitados por meio de sistemas de automação. Também é considerado muito importante o recomissionamento periódico dos principais sistemas do edifício. A análise dos dados produzidos, a partir destes procedimentos, servirá de base para as ações corretivas possíveis e ajustes finos dos sistemas, considerando demandas dos usuários e alterações climáticas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003). Os resultados de APOs também poderão servir de referência, para projetos futuros, se documentados e disponibilizados.

6 Considerações finais

Nos dois estudos de caso investigados, os elementos presentes foram muito importantes para o alcance das metas definidas. No entanto, em ambos, os elementos metodológicos que caracterizam PPIs não foram completamente incorporados e os resultados positivos obtidos demandaram esforço muito superior ao previamente estimado, com retrabalhos significativos.

Processos de projeto e produção de edifícios são extremamente complexos, possuindo uma grande quantidade de variáveis e especificidades. Seria, portanto, incorreto pressupor um modelo ideal teórico que possa orientar qualquer processo de projeto e produção de edificações. Defende-se, no entanto, a possibilidade de se extrair e caracterizar elementos fundamentais, que, aplicados às particularidades de cada caso, possam orientar futuros processos de projeto. Desta forma, as recomendações aqui apresentadas não podem ser tomadas como receitas prontas aplicáveis a qualquer caso. São apenas referências que, se devidamente adequadas ao contexto e especificidades

de cada situação, podem facilitar o processo e possibilitar o alcance de metas mais rigorosas de desempenho ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, pela bolsa concedida, às empresas *SAP Labs Brazil* e *Petrobras*, pelas autorizações para o uso de imagens e divulgação das informações dos estudos de caso, e às empresas *Eduardo de Almeida Arquitetos Associados*, *Shundi Iwamisu Arquitetos Associados - SIAA* e *Zanettini Arquitetura*, pelas imagens gentilmente cedidas.

Referências

7GROUP; REED, B. G. **The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability: Redefining the Practice of Sustainability**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040 Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

BUILDING COMMISSIONING ASSOCIATION. **Building commissioning attributes**. web document revised April 14. 1999. Disponível em: <<http://www.bcxa.org/membership/attributes.htm>> Acesso em: 15 ago. 2009.

BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING. **Roadmap for the Integrated Design Process**. Vancouver: BC Green Building Roundtable, 2007.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 28 out. 2007.

FIGUEIREDO, F. G. **Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2009. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Integrated Design Process: a guideline for sustainable solar-optimised building design**. Berlim, 2003. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

MALIN, N. Integrated Design. **Environmental Building News**. [S.l.], v. 13, n. 11, November 2004. Disponível em: <<http://www.integrativedesign.net/resources>> Acesso em: 15 out. 2009.

MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY (MTS). **Whole System Integration Process (WSIPP)**. Chicago: MTS Guideline Standard, WS-IDP Committee, 2006. Disponível em: <<http://www.integrativedesign.net/resources>> Acesso em: 17 nov. 2008.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 04 set. 2007.

_____. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 04 set. 2007.

MOREIRA, D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 9, p. 31-45, 2009.

PREISER, W. F. E.; VISCHER, J. C. (Eds.). **Assessing building performance**. Oxford: Butterworth, Heinemann, 2005.

ROMANO, F. V. **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SILVA, V. G. Uso de materiais e sustentabilidade. **Sistemas Prediais**, [S.l.], v. 1, p. 30-34, 2007.

SOUZA, A. L. R. **Preparação e coordenação da execução de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. São Paulo: 2001. 440p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

TORCELLINI, P. et al. **Evaluation of Low-Energy Design and Energy Performance of the Zion National Park Visitor Center**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

_____. **Lessons Learned from Case Studies of Six High-Performance Buildings**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2006. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

Notas

¹ Figura baseada nos autores 7group e Reed (2009).

² Figura baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

³ A *Avaliação de Desempenho do Edifício* – ADE (*Building Performance Evaluation* - BPE) é o processo de sistematicamente comparar o desempenho real de edifícios, lugares e sistemas,

com os critérios explicitados em documentos para o desempenho esperado (PREISER; VISCHER, 2005).

- ⁴ O *facilitador* é responsável pela gestão do PPI e suas atribuições podem incluir: auxiliar a condução das reuniões de equipe, compartilhamento de informações e definição de metas; estimular a equipe a questionar e ir além do atendimento a normas; e auxiliar a equipe a estabelecer alinhamento entre todos e priorizar os objetivos para o desempenho do edifício (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).
- ⁵ A *Análise do Ciclo de Vida* (ACV) é uma metodologia para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, por meio da verificação e quantificação do consumo de recursos materiais e energéticos (entradas) e das emissões (saídas), considerando todo o ciclo de vida, extração e processamento de matérias-primas, manufatura, transporte, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).