

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO**

Vanessa da Silva Rodrigues

**ACOMPANHAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA  
CERTIFICAÇÃO LEED EM ESTUDO DE CASO EM  
HOSPITAL PRIVADO EM SANTA CATARINA:  
AVALIAÇÃO DO IMPACTO NO USO DA ÁGUA.**

Florianópolis

2016



Vanessa da Silva Rodrigues

**ACOMPANHAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA  
CERTIFICAÇÃO LEED EM ESTUDO DE CASO EM  
HOSPITAL PRIVADO EM SANTA CATARINA:  
AVALIAÇÃO DO IMPACTO NO USO DA ÁGUA.**

Trabalho de conclusão de curso sub-  
metido ao Departamento de Engenha-  
ria Civil da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do  
Grau de Engenheiro Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Lisiane Ilha Li-  
brelotto

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rodrigues, Vanessa da Silva

Acompanhamento da implementação da certificação LEED em estudo de caso em hospital privado em Santa Catarina : avaliação do impacto no uso da água / Vanessa da Silva Rodrigues ; orientadora, Lisiane Ilha Librelotto - Florianópolis, SC, 2016.

103 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. LEED. 3. Gestão hídrica. 4. Sustentabilidade hospitalar. I. Librelotto, Lisiane Ilha. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Vanessa da Silva Rodrigues

**ACOMPANHAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO DA  
CERTIFICAÇÃO LEED EM ESTUDO DE CASO EM  
HOSPITAL PRIVADO EM SANTA CATARINA:  
AVALIAÇÃO DO IMPACTO NO USO DA ÁGUA.**

Este trabalho foi julgado aprovado para a obtenção do Título de “Engenheiro Civil”, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 28 de junho 2016.

Prof. Luis Alberto Gómez  
Coordenador do Curso de Graduação  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Banca Examinadora:**



---

Prof. Dr. Lisiane Ilha Librelotto  
Universidade Federal de Santa Catarina

Cristine do Nascimento Mutti  
Universidade Federal de Santa Catarina

Arq. Francine Ramil  
Examinadora externa



Dedico este trabalho à minha mãe Rita e meu pai Nery que sempre me apoiaram e não mediram esforços para que pudesse concluir mais essa etapa. Amo vocês e obrigado por tudo!



## AGRADECIMENTOS

À minha mãe Rita (*in memoriam*), educadora nata, que nunca mediu esforços para que eu pudesse alcançar meus sonhos. Minha fortaleza, sempre serás meu exemplo de mulher e de amor incondicional!

Ao meu pai Nery, meu maior incentivador na escolha desta profissão, pelo todo suporte e amor ao longo dessa jornada.

As minhas irmãs, Michele e Mayara, por estarem presentes nos momentos mais importantes da minha vida. Pelo ombro amigo sempre que foi necessário, pelas crises de riso sem motivos, pelos conselhos nos momentos de apreensão. A amizade de vocês me faz melhor a cada dia.

À minha família pelo carinho, apoio e incentivo.

Ao meu namorado Fernando por todo amor, cumplicidade e paciência em todos os momentos. Por ser, acima de tudo, meu melhor amigo e ter sonhado o mundo comigo. Chegou o momento de torná-los realidade.

Aos meus amigos, companheiros que tornaram essa jornada mais leve e divertida.

À Professora e Orientadora Lisiane por dividir comigo sua experiência e conhecimento para elaboração deste trabalho.

À Francine, Luís, Queli, da IDP Brasil, Carolina, Manoel e Adriana, da Kahn do Brasil, pelo apoio e disponibilidade. Vocês foram muito importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

À Juciara por ter me ensinado e auxiliado com o LaTeX.



## RESUMO

A água desempenha papel fundamental na sobrevivência dos seres vivos e no equilíbrio ecológico. Atualmente, milhões de pessoas carecem de acesso ao abastecimento de água adequado e tornam-se mais suscetíveis à doenças e conflitos sociais por conta do estresse hídrico criado. Diante deste cenário, estabelecimentos hospitalares requerem melhorias no desempenho ambiental e consumo de água. O objetivo deste trabalho é avaliar a gestão hídrica de um estabelecimento hospitalar em processo de certificação LEED e compará-lo com outras certificações para edifícios comerciais (*BREEAM*, *LBC*, *GBC*, *CASBEE* e *Green Star*). O trabalho é embasado no levantamento de dados de hospitais em funcionamento e valores para dimensionamento e na identificação das estratégias empregadas para a redução no consumo de água afim e analisá-las no estudo de caso e realizar comparativo. Verifica-se que todas as certificações propõem estratégias para a gestão hídrica, mesmo sem possuir peso relevante na ponderação. No estudo de caso, constatou-se uma previsão de consumo 26,8% menor em comparação aos grandes hospitais americanos e 54,3% em relação ao Hospital Universitário. Ao analisar o consumo de água potável fornecida pelo município, a redução cai para 100%. O trabalho também verifica uma lacuna na avaliação ambiental com foco em hospitais para a realidade brasileira. O trabalho também fomenta o debate sobre o desenvolvimento da engenharia hospitalar no Brasil, visto a quantidade reduzida de referencial teórico.

**Palavras-chave:** LEED 1. Gestão hídrica 2. Sustentabilidade hospitalar 3.



## ABSTRACT

The water has an important role in the survival of living beings and the ecological balance. Currently, millions of people lack access to adequate water supply and become more susceptible to diseases and social conflicts due to water stress created. In this scenario, hospitals require improvements in environmental performance and water consumption. The objective of this study is to evaluate the water management of a hospital in LEED certification process and compare it with other certifications for commercial buildings (BREEAM, LBC, GBC, CASBEE and Green Star). The paper collects data of operational hospitals and dimensioning values and identifies the strategies employed to reduce water consumption in order to analyze them in the case study and perform comparative. It is verified that all certifications propose strategies for water management, even without a significant weight in the scoring system. In the case study, there was a consumption forecast 26.8% lower compared to the large American hospitals and 54.3% in relation to the University Hospital. By analyzing the consumption of potable water supplied by the city, the reduction falls to 100%. The paper also finds a gap in environmental assessment focusing on hospitals to the Brazilian reality. The work also encourages debate on the development of hospital engineering in Brazil, since the reduced amount of theoretical reference.

**Keywords:** LEED 1. Water management 2. Hospital sustainability 3.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura de avaliação do BREEAM Offices 2006 . . . . .	27
Figura 2	Registros e Certificações LEED no Brasil . . . . .	28
Figura 3	Projetos não confidenciais certificados no mundo. . . . .	32
Figura 4	Estrutura conceitual do CASBEE . . . . .	35
Figura 5	Diagrama de eficiência ambiental do edifício (BEE) . . . . .	35
Figura 6	Distribuição dos créditos ambientais do BREEAM, LEED, CASBEE e GBTOll, após normalização . . . . .	39
Figura 7	Demanda de água no ciclo dos sistemas prediais comuns. . . . .	40
Figura 8	Balanço hídrico de sistemas prediais sustentáveis. . . . .	41
Figura 9	Esquemática dos elementos de um sistema de aproveitamento de água da chuva. . . . .	42
Figura 10	Esquema ilustrativo de um sistema de reuso de água. . . . .	43
Figura 11	Esquema das camadas de cobertura verde. . . . .	44
Figura 12	Vaso sanitário com duplo acionamento. . . . .	46
Figura 13	Válvula de descarga de duplo acionamento. . . . .	46
Figura 14	Consumo de água por setores em hospitais dos EUA . . . . .	49
Figura 15	Metodologia de trabalho. . . . .	53
Figura 16	Climograma da região de estudo. . . . .	54
Figura 17	Vista geral do hospital em plataforma BIM . . . . .	55
Figura 18	Planta de implantação do projeto hidráulico . . . . .	57
Figura 19	Planta de implantação do sistema de água pluvial . . . . .	62
Figura 20	Posicionamento da infraestrutura . . . . .	63
Figura 21	Desenho esquemático da gestão hídrica de águas pluviais . . . . .	65
Figura 22	Corte esquemático do shaft com os medidores individuais . . . . .	67
Figura 23	Planta das coberturas verdes por pavimento . . . . .	69
Figura 24	Detalhe do posicionamento dos tanques de retardo . . . . .	71
Figura 25	Gestão hídrica da rede de consumo, pluvial, reaproveitamento e drenagem. . . . .	73
Figura 26	Gestão hídrica da rede de esgoto sanitário . . . . .	75



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Categorias e requisitos avaliados pelo BREEAM Offices 2006 .....	26
Tabela 2	Estrutura de avaliação do LEED V4.....	29
Tabela 3	Níveis de classificação do LEED .....	31
Tabela 4	Pontuação GBC .....	33
Tabela 5	Estrutura de avaliação dos CASBEE .....	36
Tabela 6	Ponderação da categoria.....	37
Tabela 7	Níveis de pontuação no Green Star .....	38
Tabela 8	Comparativo de eficiência de equipamentos .....	47
Tabela 9	Parâmetro de eficiência para uso comercial e residencial, adaptado da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) ....	60
Tabela 10	Especificação dos equipamentos para utilização em projeto .....	60
Tabela 11	Volumes suportados pelo lago artificial .....	63
Tabela 12	Padrão de qualidade da água para consumo humano...	64
Tabela 13	Comparativo entre as estratégias adotadas pelas certificações .....	76
Tabela 14	Dados sobre o consumo de água no Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago .....	91



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BREEAM	<i>Building Research Establishment Assessment</i>
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment for Building Environmental</i>
EIA	<i>U. S. Energy Information Administration</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
GBCB	<i>Green Building Council</i> Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LBC	<i>Living Building Challenge</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LEED HC	<i>Leadership in Energy and Environmental Design for Healthcare</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
PURA	Programas de Uso Racional da Água
USGS	U. S. Geological Survey



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	21
1.2	OBJETIVOS .....	22
1.2.1	Objetivo Geral .....	22
1.2.2	Objetivos Específicos .....	22
1.3	JUSTIFICATIVA .....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	25
2.1	FORMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE .	25
2.1.1	<i>Building Research Establishment Assessment (BRE-EAM)</i> .....	25
2.1.2	<i>Leadership in Energy and Environmental Design - LEED</i> .....	27
2.1.2.1	LEED for Healthcare 2009 .....	31
2.1.3	<i>Living Building Challenge 3.0 - LBC</i> .....	32
2.1.4	<i>Green Building Challenge - GBC</i> .....	33
2.1.5	<i>Comprehensive Assessment for Building Environmental - CASBEE</i> .....	34
2.1.6	<i>Green Star</i> .....	36
2.2	ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA A GESTÃO DO USO DA ÁGUA DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL .....	38
2.3	GESTÃO HÍDRICA .....	39
2.4	TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA .....	42
2.4.1	Aproveitamento da água pluvial .....	42
2.4.2	Reuso de águas .....	43
2.4.3	Sistema de infiltração de água pluvial .....	44
2.4.4	Componentes e sistemas economizadores de água .	45
2.4.5	Sistemas hidráulicos especiais .....	47
2.5	ENGENHARIA HOSPITALAR .....	47
<b>3</b>	<b>MÉTODOS, FERRAMENTAS E TÉCNICAS</b> ....	51
3.1	ETAPAS DE PESQUISA .....	51
3.1.1	Revisão Bibliográfica .....	51
3.1.2	Levantamento de dados .....	51
3.1.3	Estudo de caso .....	51
3.1.4	Análise dos resultados .....	52
3.2	REGIÃO DE ESTUDO .....	54

3.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO .....	55
4	<b>RESULTADOS</b> .....	59
4.1	GESTÃO HÍDRICA .....	59
4.1.1	Redução do consumo de água: pré-requisito.....	59
4.1.2	Redução do consumo de água: acima de 30%.....	61
4.1.3	Redução do consumo de água: equipamentos.....	66
4.1.4	Redução do consumo de água: controle e verificação	66
4.1.5	Resfriamento de equipamentos médicos .....	68
4.1.6	Paisagismo .....	68
4.1.7	Sistema de resíduos orgânicos .....	69
4.1.8	Torres de resfriamento .....	70
4.1.9	Drenagem: estratégias .....	70
4.1.10	Drenagem: controle de qualidade .....	71
4.1.11	Esgoto Sanitário .....	74
4.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO.....	76
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	79
5.1	SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS .....	80
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS AO TRABALHO.....	81
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	83
	<b>APÊNDICE A – Dados sobre o consumo de água no Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago</b> .....	92
	<b>ANEXO A – Dados sobre o consumo de água em grandes hospitais americanos (EIA, 2012)</b> .....	95

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Para Sen (2000), economista indiano Prêmio Nobel em 1998, ao se falar de crescimento econômico, fala-se sobre desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento de um país está essencialmente ligado às oportunidades que ele oferece à população de fazer escolhas e exercer sua cidadania. E isso inclui não apenas a garantia dos direitos sociais básicos, como saúde e educação, como também segurança, liberdade, habitação e cultura.

No entanto, a sociedade tem seguido uma tendência forte no sentido contrário. Não sendo suficiente que toda atividade humana gere impacto, cada vez mais tem se exigido demandas de recursos naturais acima do que o planeta pode suportar. Tais demandas vem crescendo rapidamente ao longo dos anos. E como agravante, não se tem uma distribuição uniforme destes recursos, visto que o sistema econômico cria abismos cada vez maiores entre ricos e pobres em todo mundo.

Em relação à disponibilidade hídrica, o Brasil encontra-se em posição privilegiada, e a ideia de abundância propiciou a difusão da cultura do desperdício e da pouca valorização do recurso por muitos anos. Todavia, 81% da água doce disponível está concentrada onde apenas 5% da população brasileira reside. Nas regiões banhadas pelo Oceano Atlântico, onde está concentrada 45,5% da população do País, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2015). O problema da escassez de água está intimamente ligado à demanda exagerada em centros urbanos, degradação da qualidade das águas e falta de gestão hídrica, consequência de processos desordenados de urbanização. (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008)

A água possui papel insubstituível na manutenção à vida e na realização de diversas atividades humanas, além de manter o equilíbrio ecológico. Entretanto, o crescimento populacional acelerado criou um “estresse hídrico”, por conduzir um aumento na demanda ao mesmo tempo que a disponibilidade média do recurso diminui, afetando diretamente a saúde e a qualidade de vida (SETTI et al., 2000). Dada a abrangência das avaliações, definiu-se como foco desta pesquisa, a gestão da água

Ao se tratar de edificações hospitalares, esbarra-se em um contrassenso de ideologia pelo fato de serem lugares idealizados para promover a saúde e bem estar e acabarem por causar impactos ambien-

tais severos à sociedade, uma vez que raramente são projetados com a aplicação do conceito de sustentabilidade. Esta tipologia possui ainda o agravante de consumir volumes expressivos de água pela magnitude das instalações, uso contínuo e principalmente pelas condições sanitárias necessárias. (CARVALHO, 2006)

A preocupação ambiental tem deixado a posição de diferencial e passado a desempenhar um papel fundamental no processo construtivo. Na tentativa de avaliar a sustentabilidade nas edificações surgiu uma grande variedade de rótulos (selos, certificações, etiquetas) contemplando desde a implantação do edifício até a eficiência energética. Algumas com enfoque mais ambiental, outras que incluem a dimensão social e poucas que contemplam as questões econômicas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a gestão hídrica em um hospital em processo de certificação LEED.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir as estratégias de gestão da água previstas em certificações.
- Comparar estratégias empregadas no hospital com as previstas no LEED.
- Identificar as estratégias empregadas para gestão da água no estudo de caso.
- Comparar dados de previsão do consumo entre edificações hospitalares não certificadas e o estudo de caso;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A substância mais abundante na Terra é a água, com o total 1332 km<sup>3</sup>, segundo o Instituto de Pesquisa Geológica dos EUA (USGS) e recobre 72% da superfície terrestre. No entanto, água para consumo humano representa apenas 3% desse volume, e ainda grande parte

encontra-se em forma sólida, restando 1% acessível para consumo imediato. Mesmo com esse volume tão reduzido, o Brasil está entre os seis países que detêm 50% dessas reservas, propiciando uma situação de conforto à população e acaba por criar a falsa ilusão de que o recurso é ilimitado. (USGS, 2016)

O conceito de sustentabilidade pode ser entendido como o equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental no presente afim de não comprometer o sustento de gerações futuras (LIBRELOTTO et al., 2012). Embora o notório conhecimento da necessidade de ser sustentável atualmente, a construção civil mostra-se ainda muito focada apenas na dimensão econômica e ignora o fato de que uma obra é executada com a finalidade de não só de atender as necessidades de uma população, mas como também preservar ou promover o bem-estar como um todo.

Sendo a construção civil um dos setores que mais contribui para a formação do PIB nacional, ela acumula também o papel de nortear as políticas públicas no consumo consciente (LIBRELOTTO et al., 2012). Apesar de evidente a importância do setor, ela ainda se prende a métodos arcaicos e amadores, faltando uma avaliação dos fatores listados em pesquisas na área para sua evolução, incluindo a redução dos impactos ambientais por esta causados.

Quando se trata de um empreendimento hospitalar, soluções sustentáveis são um desafio ainda maior. Um projeto nessa tipologia deverá apresentar, além de flexibilidade e humanização, um processo construtivo e operacional com menos impacto ambiental. Todas essas soluções devem também contemplar a legislação brasileira que preza por um ambiente asséptico e que não está preparada para abandonar as práticas convencionais. No entanto, a adesão destes preceitos e levando a sustentabilidade ao nível estratégico da organização, acabará por refletir num menor custo de manutenção e também na melhoria da assistência à saúde da região de entorno. (CARVALHO, 2006)

Para o dimensionamento, as companhias de água e esgoto fornecem tabelas com estimativa de consumo médio adotado de 250 litros por leito ao dia, no entanto, literaturas apontam para um índice de consumo de 300 a 800 litros por leito ao dia, o que aponta para um consumo hídrico expressivo. Apesar de ser um ambiente peculiar, estratégias de projeto podem reduzir o consumo, além de programas para conscientização do usuário, como por exemplo, Programas de Uso Racional da Água (PURA) implementados com sucesso em hospitais brasileiros.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2016), 82,5% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, e apenas 48,6% têm

acesso à coleta de esgoto. Em termos de volume, as capitais brasileiras lançaram, em 2013, 1,2 bilhão de metros cúbicos de esgoto sem tratamento na natureza. Estes dados refletem o problema crônico dos centros urbanos brasileiros com a degradação dos seus cursos d'água e que poderiam ser amenizados com a redução no consumo de água.

Por fim, a gestão hídrica figura importante papel no desempenho sustentável das edificações, no sentido literal da palavra. Ser sustentável não está relacionado apenas em mitigar os impactos na natureza, e sim buscar medidas que promovam o equilíbrio do edifício com o meio inserido, por meio do consumo zero de recursos para satisfazer todas suas necessidades, e quando possível, regenerar ambientes já alterados pelo ser humano.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FORMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

#### 2.1.1 *Building Research Establishment Assessment* (BREEAM)

O sistema de certificação BREEAM foi publicado em 1990 no Reino Unido por pesquisadores do *Building Research Establishment* (BRE) e do setor privado, em parceria com a indústria. É o primeiro e o mais conhecido método de avaliação ambiental de edifícios e visa especificar e mensurar o desempenho das edificações desde novos empreendimentos à remodelação de existentes. Estima-se hoje que entre 30% e 40% dos novos edifícios de escritórios do Reino Unido sejam submetidos a esta avaliação anualmente. (HOWARD, 2001 apud SILVA, 2007)

O sistema de pontuação baseia-se na análise de documentos durante a fase de concepção e construção e credita pontos conforme uma *checklist* disponível no site do BREEAM. A metodologia completa é acessível apenas aos avaliadores credenciados, que verificam o atendimento de itens mínimos de desempenho e atribuem os créditos correspondentes. No caso de uma avaliação formal, todos os itens são verificados - através de evidências - por um agente credenciado junto ao BREEAM (Tabela 1). (FOSSATI, 2008)

Tabela 1: Categorias e requisitos avaliados pelo BREEAM Offices 2006

<b>CATEGORIAS (% dos pontos)</b>	<b>REQUISITOS AVALIADOS</b>
Gestão (15%)	Comissionamento; separação e reciclagem de resíduos no canteiro; Manual do usuário e do condomínio; monitoramento e controle de CO <sub>2</sub> , energia, consumo de água, transporte e desperdício nas atividades do canteiro de obras.
Sáude e Conforto (15%)	Aspectos relacionados à iluminação e ventilação natural, níveis de conforto térmico e acústico e minimização dos riscos de contaminação por legionella.
Energia (13,63%)	Redução das taxas de emissão de CO <sub>2</sub> e eficiência do sistema de iluminação.
Transporte (11,37%)	Localização do edifício; emissão de CO <sub>2</sub> relacionada aos transportes e facilidades para ciclistas.
Água (5%)	Redução do consumo de água e sistema de detecção de vazamentos
Materiais (10%)	Reuso de fachadas e estruturas de edifícios existentes; implicações ambientais da seleção de materiais; espaços destinados a armazenamento de materiais recicláveis
Uso de solo (15%)	Direcionamento de crescimento urbano (evitar greenfields e áreas de alto valor ecológico e encorajar a recuperação de brownfields)
Poluição (15%)	Redução da poluição luminosa, da água e do ar (excluindo CO <sub>2</sub> , tratado na categoria Energia); utilização de fontes de energia renováveis ou de baixa emissão de poluentes

Fonte: Fossati (2008)

A pontuação é atribuída para cada requisito de acordo com o desempenho atingido, computando um total de 1062 pontos. Para obter uma pontuação global do edifício, os créditos são ponderados por fatores restritos aos avaliadores credenciados ao BREEAM, variando entre zero e 10, que definem a importância de cada categoria e enquadram a edificação em uma das classes de desempenho propostas pelo método. (Figura 1)

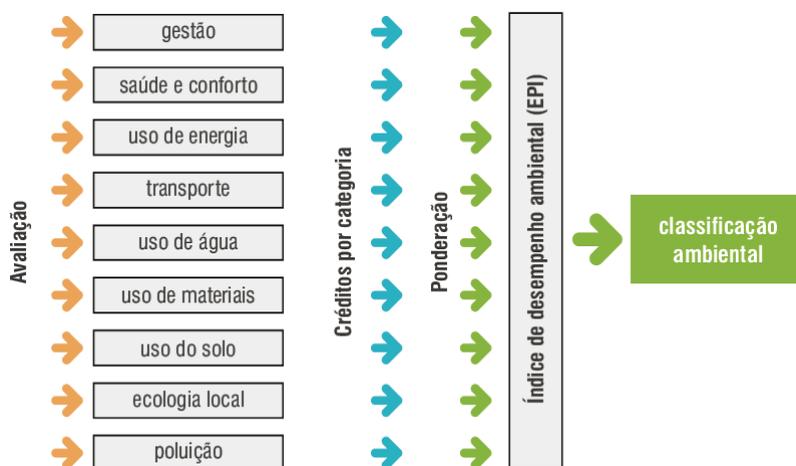


Figura 1: Estrutura de avaliação do BREEAM Offices 2006  
Fonte: BRE (2003)

### 2.1.2 *Leadership in Energy and Environmental Design - LEED*

Lançado pelo *U. S. Green Building Council* (USGBC) em 1998, o LEED foi inicialmente voltado para edifícios de ocupação comercial. Ao longo dos anos houve adaptações da versão-piloto e a certificação ganhou flexibilidade na avaliação de desempenho de diferentes tipologias de projeto. Atualmente, o sistema é utilizado em 143 países, segundo o

*Green Building Council* Brasil. Em 2015, o Brasil ficou com a quarta colocação no ranking dos 10 países e regiões com mais metros quadrados brutos certificados fora dos EUA, acumulando 1052 registros com as mais diversas tipologias. Destas, o segmento comercial foi o mais representativo com 41,1%<sup>1</sup>. (Figura 2) (GBCB, 2015)

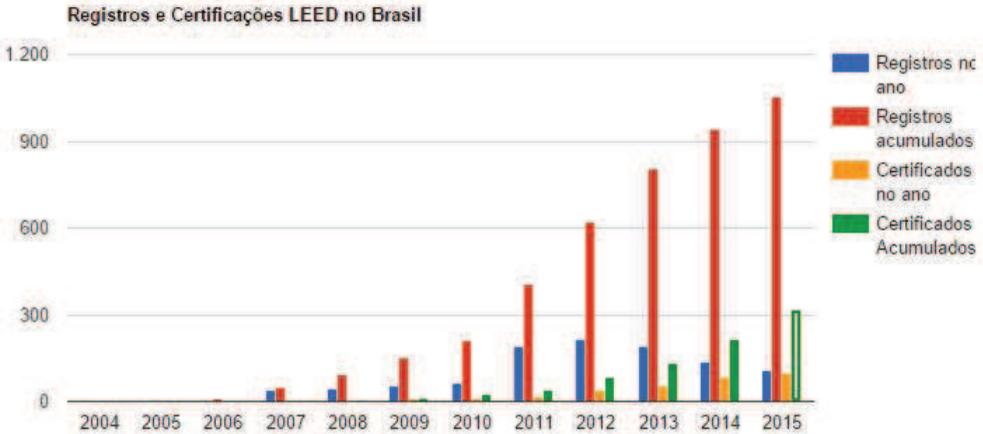


Figura 2: Registros e Certificações LEED no Brasil  
Fonte: GBCB (2015)

Por possuir uma estrutura simples e de fácil aplicação, é o sistema mais disseminado e que também gera muitas críticas quanto à sua real eficiência, pois a avaliação de desempenho pode não apresentar o real desempenho global da edificação, comprometendo a finalidade do método (SILVA, 2007). A certificação avalia por meio de práticas obrigatórias e créditos, cinco dimensões a serem atendidas, sendo estas: Localização e Transporte, Terrenos Sustentáveis, Eficiência Hídrica, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna. Inovação e Créditos Regionais são categorias adicionais que possibilitam pontos bônus. A tabela 2 apresenta as categorias e subcategorias do LEED.

<sup>1</sup>GBCB. Certificação LEED (Gráficos de Crescimento no Brasil). 2014. Disponível em: <http://gbcbrasil.org.br/graficos-empresendimentos.php>.

Tabela 2: Estrutura de avaliação do LEED V4

<b>CATEGORIAS</b>	<b>PONTOS (110 pontos)</b>
<b>Localização e Transporte</b>	<b>16</b>
Proteção de áreas sensíveis	1
Local de alta prioridade	2
Densidade do entorno e usos diversos	5
Acesso a transporte de qualidade	5
Instalações para bicicletas	1
Redução da área de projeção do estacionamento	1
Veículos verdes	1
<b>Terrenos sustentáveis</b>	<b>10</b>
Prevenção da poluição na atividade de construção	Obrigatório
Avaliação do terreno	1
Desenvolvimento do terreno – proteger ou restaurar o habitat	2
Espaço aberto	1
Gestão de águas pluviais	3
Redução de ilhas de calor	2
Redução da poluição luminosa	1
<b>Eficiência Hídrica</b>	<b>11</b>
Redução do uso de água do exterior	Obrigatório
Redução do uso de água do interior	Obrigatório
Medição de água do edifício	Obrigatório
Redução do uso de água do exterior	2
Redução do uso de água do interior	6
Uso de água de torre de resfriamento	2
Medição de água	1
<b>Energia e Atmosfera</b>	<b>33</b>
Comissionamento fundamental e verificação	Obrigatório
Desempenho mínimo de energia	Obrigatório
Medição de energia do edifício	Obrigatório
Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes	Obrigatório
Otimização do desempenho energético	18
Medição de energia avançada	1

**Tabela 2 – Continuação da página anterior**

<b>CATEGORIAS</b>	<b>PONTOS (110 pontos)</b>
Resposta à demanda	2
Produção de energia renovável	3
Gerenciamento avançado de gases refrigerantes	1
Energia verde e compensação de carbono	2
<b>Materiais e recursos</b>	<b>13</b>
Armazenamento e coleta de recicláveis	Obrigatório
Plano de gerenciamento da construção e resíduos de demolição	Obrigatório
Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	5
Declarações ambientais de produto	2
Origem de matérias-primas	2
Ingredientes do material	2
Gerenciamento da construção e resíduos de demolição	2
<b>Qualidade do Ambiente Interno</b>	<b>16</b>
Desempenho mínimo da qualidade do ar interior	Obrigatório
Controle ambiental da fumaça de tabaco	Obrigatório
Estratégias avançadas de qualidade do ar interior	2
Materiais de baixa emissão	3
Plano de gestão da qualidade do ar interior da construção	1
Avaliação da qualidade do ar interior	2
Conforto térmico	1
Iluminação interna	2
Luz natural	3
Vistas de qualidade	1
Desempenho acústico	1
<b>Inovação</b>	<b>6</b>
Inovação (estratégias de projeto e tecnologias)	5
Professional habilitado pelo LEED	1
<b>Prioridade Regional</b>	<b>4</b>
Crédito específico por região	1 por cada crédito atendido

Os pesos das categorias avaliadas são idênticos, sem ponderação, visto que o LEED foi também projetado para auxiliar na tomada de decisões e que apenas os quesitos desejados para certificação sejam avaliados. Contudo, o número de itens define implícitamente o peso de cada um deles. Os pré-requisitos são condições necessárias para certificar e os créditos que atendidos geram pontos para determinação do nível da certificação, podendo variar de 40 pontos (nível certificado) a 100 pontos (nível Platinum). Há ainda 4 pontos bônus para Prioridade Regional e 6 para Inovação e Processos como incentivo na abordagem de medidas não abrangidas nas categorias obrigatórias, tais como busca por conhecimento sobre Green Buildings e inovação e diferenças ambientais, sociais e econômicas em cada local (GBC, 2014). A tabela 3 representa a divisão dos níveis de classificação para o edifício que atinge a pontuação mínima.

Tabela 3: Níveis de classificação do LEED

<b>NÍVEL DE CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>PONTOS</b>
LEED Certified	40 a 49
Silver	50 a 59
Gold	60 a 79
Platinum	80 a 110

Fonte: GBC (2014)

### 2.1.2.1 LEED *for Healthcare* 2009

O sistema de pontuação do LEED *for Healthcare* (LEED HC) foi desenvolvido para certificar instalações hospitalares e possui uma estrutura semelhante ao LEED for New Construction. Contudo, unidades hospitalares tendem a possuir regulamentações rigorosas, demandas específicas e operação contínua, tornando-os edificações únicas. Para a adequação, o LEED HC altera seis pré-requisitos e vinte e cinco créditos, e acrescenta três pré-requisitos e quinze créditos ao sistema de avaliação, que visam à qualidade hospitalar aliada a estratégias sustentáveis. (GBC, 2010)

### 2.1.3 *Living Building Challenge 3.0 - LBC*

O *Cascadia Green Building Council*, derivado do *U.S. Green Building Council* e do *Canada Green Building Council*, desenvolveu em 2006, o sistema de certificação ambiental de edifícios *Living Building Challenge* (LBC). Este tem como objetivo ir além das certificações existentes, propondo medidas avançadas aos empreendimentos a fim de gerar impacto positivo no meio inserido. (ILFI, 2014)

O sistema é composto por sete categorias de desempenho, denominadas pétalas (*Petals*): *Place, Water, Energy, Health Happiness, Materials, Equity e Beauty*<sup>2</sup>. Estas pétalas são subdivididas em um total de vinte indicadores de desempenho ambiental, focados cada um em uma área específica. (ILFI, 2014)

São apresentados três níveis de certificação: *Living Certification, Petal Certification e Net Zero Energy Certification*. Para obtenção da certificação *Living* é necessário estar em conformidade com todos os vinte indicadores e comprovar em dados reais o desempenho alcançado pela edificação. Na certificação *Petal*, estar em conformidade com, pelo menos, três pétalas, devendo estar incluída pelo menos uma das categorias *Water, Energy* ou *Materials*. Já na certificação *Net Zero Energy*, toda a energia necessária para o funcionamento deve ser produzida no local por meio de fontes renováveis e sem combustão envolvida (Figura 3). (ILFI, 2014)

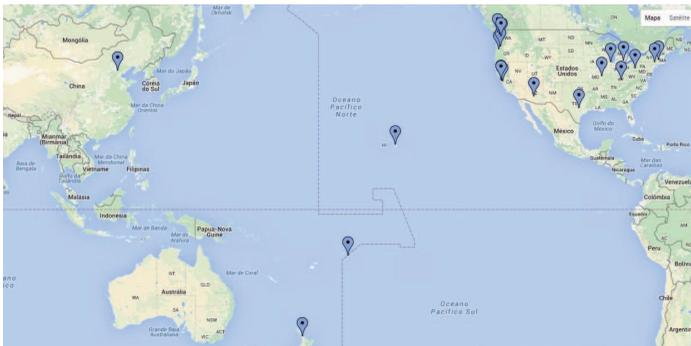


Figura 3: Projetos não confidenciais certificados no mundo.  
Fonte: ILFI (2014)

<sup>2</sup>No Brasil, o *Living Building Challenge* está sendo estudado por um comitê para aplicação no mercado nacional. Há apenas um projeto confidencial, localizado em Santa Catarina, em processo de certificação.

Sendo uma certificação baseada em desempenho, ela é dividida em duas etapas, pois alguns requisitos só podem ser avaliados com a obra concluída e operacional por mais de dozes meses consecutivos. No entanto, é possível submeter o projeto a uma auditoria preliminar para a obtenção do status de “*Living*”, onde serão avaliadas as imperativas menos suscetíveis à modificação ao fim do projeto.

#### 2.1.4 *Green Building Challenge - GBC*

Ferramenta internacional desenvolvida em 1998 com o intuito de avaliar o desempenho ambiental de edifícios com base nos mesmos princípios e ainda capaz de prezar pelas características regionais. Um grande diferencial do GBC para outros métodos está em não ser uma avaliação comercial. O objetivo principal é avaliar a edificação ambientalmente e economicamente através de conceitos científicos e que possam ser adaptados para a realidade local. (FOSSATI, 2008)

A iniciativa veio através de um consórcio formado por mais de vinte países e financiado inicialmente pelo governo canadense, posteriormente absorvido pela *International Initiative for Sustainable Environment Built* (iiSBE). (SILVA, 2003)

São avaliadas seis categorias na GBToll e a pontuação é obtida por uma escala de graduação de desempenho que varia entre -2 e 5, sendo zero o desempenho de referência (*benchmark*). O sistema de pontuação é derivado da agregação progressiva de pontos obtidos em seus quatro níveis: (1) subcritérios, (2) critérios, (3) categorias de desempenho, (4) temas principais, tendo o número (4) como o nível hierárquico mais alto (Tabela 4). (SILVA, 2003)

Tabela 4: Pontuação GBC

<b>CATEGORIA</b>	<b>PESO (%)</b>
Uso de recursos	20
Cargas ambientais	25
Qualidade do ambiente interno	20
Qualidade do serviço	15
Aspectos econômicos	10
Gestão pré-ocupação	10
Transporte	0

Fonte: Silva (2003)

O impacto de cada categoria é o único considerado por meio de critérios de ponderação que são ajustados e personalizados pela equipe de avaliação com o intuito de garantir uma avaliação coerente ao contexto regional. (FOSSATI, 2008)

Os dados de entrada são inseridos em seis planilhas (contexto, descrição da matriz energética, descrição do edifício, áreas, características do envelope e aspectos econômicos). A planilha “Avaliação” é preenchida de forma semi-automática com base nos dados de entrada, na planilha de caracterização de desempenho de referência (benchmarks) e na planilha para definição de fatores de ponderação. Os resultados são obtidos por duas planilhas que são geradas automaticamente com relatórios e gráficos de desempenho global e de cada categoria. (SILVA, 2003)

### **2.1.5 *Comprehensive Assessment for Building Environmental - CASBEE***

O mais recente sistema de avaliação ambiental de edifícios foi inspirado na GBTool e desenvolvido pelo consórcio de edifícios sustentáveis japoneses (JSBC – *Japan Sustainable Building Consortium*), composto por entidades industriais, acadêmicas e governamentais. Apesar de apresentado publicamente em Oslo em 2002, teve o início dos processos de certificação apenas em 2005. (IBEC, 2015)

O CASBEE baseia-se em critérios e *benchmarks* e é composto de quatro ferramentas de avaliação para diferentes estágios do ciclo de vida – projeto em desenvolvimento, novas construções, edificações existentes e reformas. (IBEC, 2015)

A avaliação da capacidade ambiental é feita sob duas óticas: um espaço interno e um externo delimitados pelos limites do terreno da edificação criando uma fronteira hipotética, para análise da qualidade ambiental e desempenho da edificação (Q – *Building environmental quality and performance*) e os impactos ambientais negativos que se estendem ao exterior por meio de cargas ambientais (L – *Reduction of building environmental loadings*) (Figura 4).



Figura 4: Estrutura conceitual do CASBEE

Fonte: Silva (2007)

São avaliadas quatro áreas: eficiência energética, eficiência no uso dos recursos, ambiente local e ambiente interno com cerca de 90 subitens. Após essa análise, estas quatro áreas sofrem uma reorganização e são categorizadas em Q e L e cada letra dividida em três pontos (Tabela 5). (JSBC, 2002)

A pontuação dos dois sistemas é ponderada e a razão entre elas resulta em uma nota final do desempenho ambiental (BEE – *Building Environmental Efficiency*) que pode ser classificado em cinco níveis: S (excelente), A, A<sup>+</sup>, B<sup>+</sup>, B, e C (ruim). Quanto maior este valor, maior a sustentabilidade ambiental (Figura 5).

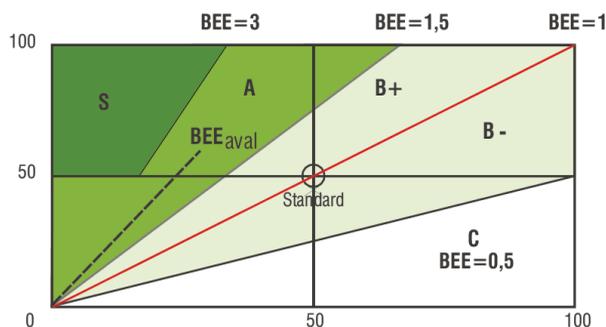


Figura 5: Diagrama de eficiência ambiental do edifício (BEE)

Fonte: Silva (2007)

Tabela 5: Estrutura de avaliação dos CASBEE

Aspectos avaliados		Categorias	Pontos (peso)	BEE
1. Eficiência energética	Qualidade Ambiental (Q)	<b>Q1: Ambiente interno</b>	<b>(0,5)</b>	Numerador BEE
		Ruído	15	
		Conforto térmico	15	
		Iluminação	20	
		Qualidade do ar	15	
		<b>Q2: Qualidade dos serviços</b>	<b>(0,35)</b>	
		Servicibilidade (funcionalidade, aconchego)	10	
		Durabilidade	10	
		Flexibilidade e adaptabilidade	15	
		<b>Q3: Ambiente externo (ao edifício) no terreno</b>	<b>(0,5)</b>	
		Manutenção e criação de ecossistemas	5	
		Paisagem	5	
		Características locais e culturais	5	
2. Eficiência no uso de recursos	Cargas Ambientais (L)	<b>L1: Energia</b>	<b>(0,5)</b>	Denominador BEE
		Carga térmica do edifício		
		Uso de energia natural	10	
		Eficiência dos sistemas prediais	5	
		Operação eficiente	10	
		<b>L2: Recursos e materiais</b>	<b>(0,3)</b>	
		Água	10	
		Eco- materiais	30	
		<b>L3: Ambiente fora do terreno</b>	<b>(0,2)</b>	
		Poluição do ar	5	
		Ruído e odores	10	
		Acesso à ventilação	5	
		Acesso à iluminação	5	
Efeito de ilhas de calor	5			
Carga em infraestrutura local	5			
3. Ambiente local				
4. Ambiente interno				

Fonte: Adaptado Silva (2007)

### 2.1.6 Green Star

Sistema de classificação de sustentabilidade voluntária apresentada pelo *Green Building Council Australia* (GBCA) em 2003 para edifícios comerciais de escritórios. Futuramente, com a expansão da ferramenta, será possível avaliar diferentes tipologias e fases do ciclo de vida da edificação. Possui clara semelhança com o BREEAM (estrutura básica das categorias de avaliação, atribuição de pesos e utilização de pontuação global) e o LEED (pontuação para inovações de projeto e construção). (SILVA, 2003)

O *Green Star Office Design Rating Tool* é estruturado em nove categorias: gestão, qualidade do ambiente interno, energia, transporte,

água, materiais, uso do solo e ecologia, poluição e inovação, sendo esta última não sujeita a ponderação. Dentro de cada categoria, créditos remetem a aspectos específicos de projeto sustentável, construção e desempenho (tabela 6). (GBCA, 2005)

Tabela 6: Ponderação da categoria

<b>CATEGORIA</b>	<b>PESO (%)</b>
Gestão	10
Qualidade do ambiente interno	20
Energia	25
Transporte	10
Água	12
Materiais	10
Uso do solo e ecologia	8
Emissões	5

Fonte: Silva (2003)

Há seis níveis de pontuação, contudo reconhecidos e elegíveis de certificação apenas projetos com no mínimo 45 pontos, ter obtido ao menos nível 4 no *Australian Building Greenhouse Rating Scheme* (ABGR) para o edifício-base <sup>3</sup> e não ser construído em locais de alto valor ecológico e social. Os edifícios certificados são premiados com os títulos de “Práticas de excelência” (quatro estrelas), “Excelência na Austrália” (cinco estrelas), e “Liderança em nível mundial” (seis estrelas) (Tabela 7). (SILVA, 2003)

---

<sup>3</sup>Conceito idêntico ao proposto no BREEAM que propõe separação da influência dos reflexos de interação do edifício devido à ocupação e ao comportamento dos usuários.

Tabela 7: Níveis de pontuação no Green Star

CLASSIFICAÇÃO	PONTOS	COMENTÁRIOS
1 estrela	10	
2 estrelas	20	
3 estrelas	30	
4 estrelas	45	Práticas de excelência
5 estrelas	60	Excelência na Austrália
6 estrelas	75	Liderança em nível mundial

Fonte: Silva (2003)

## 2.2 ANÁLISE DOS CRITÉRIOS PARA A GESTÃO DO USO DA ÁGUA DAS FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Na análise dos seis métodos de avaliação ambiental estudados, verifica-se a variação de nomes, conteúdo e nível de detalhamento das categorias, no entanto, a avaliação dentro da mesma temática é relativamente similar e passível de comparação (SILVA, 2007). Para que a mesma seja coerente, Silva (2003) normalizou os itens e pode-se observar que ponderação dos créditos destinados à gestão da água varia entre 4,0% (GBToll) a 9,1% (CASBEE) do total destinado aos créditos ambientais (Figura 6). Fossati et al. (2006) complementam ao incluir o método *Green Star*, ferramenta não analisada por Silva (2003), que dedica mais de 10% dos créditos à gestão da água.

Ao analisar as exigências para atribuição dos créditos em cada avaliação ambiental, nota-se que os requisitos são semelhantes. Alguns dos pontos em comum são: redução no consumo de água potável entre 50% e 90% para irrigação de jardins através de tecnologias, uso da água da chuva ou reuso de água, além de crédito extra quando não há a utilização de água potável ou sistema de irrigação permanente instalado; emprego de aparelhos economizadores de água; redução no consumo de água potável no uso sanitário por meio do uso de águas cinzas e/ou negras; abdicação do uso de sistemas evaporativos ou torres de resfriamento, ou pelo menos, uso mais eficiente no consumo de água para este fim; tratamento da água residual na sua totalidade ou redução em pelo menos 50% do consumo de água potável provida pelo município para tratamento de esgoto; implementação de um plano e sistema de gestão da água pluvial; monitoramento do desempenho ligado ao gerenciamento do edifício para prover um sistema de detecção

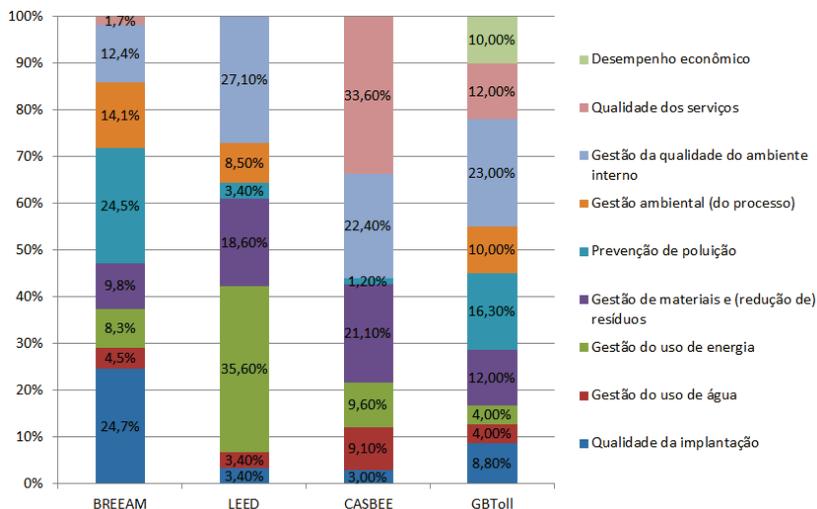


Figura 6: Distribuição dos créditos ambientais do BREEAM, LEED, CASBEE e GBTOll, após normalização

Fonte: Silva (2003)

de vazamentos. (FOSSATI et al., 2006)

A ponderação de cada categoria torna-se a parte mais complexa. A importância atribuída a gestão da água também varia geograficamente porque cada método reflete expectativas locais e, principalmente, agenda ambiental de cada país. (SILVA, 2007)

### 2.3 GESTÃO HÍDRICA

A gestão hídrica pode ser entendida como o conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, através do planejamento, controle e proteção. Através destes procedimentos almeja-se o equacionamento e resolução das questões de escassez, bem como o uso adequado dos recursos em prol da sociedade. (SETTI et al., 2000)

O gerenciamento destes recursos, em nível nacional, regional, estadual, de bacia hidrográfica ou local, refere-se ao uso da água e ocupação do solo; águas superficiais e subterrâneas; e qualidade e quantidade (BEEKMAN, 1998). Nas cidades, por exemplo, ao conhecer plenamente a oferta dos recursos hídricos, a gestão por parte das

concessionárias pode ser feito através do controle de perdas nas redes de abastecimento de água e campanhas de conscientização para o uso racional da água.

No contexto de um edifício, o emprego direto ou indireto de água está presente em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento – planejamento e concepção, execução, uso, manutenção e demolição. Enfatizando o funcionamento dos sistemas prediais, a concepção do projeto baseia-se na entrada de recursos disponíveis pelos meios tradicionais e sistemas para a saída de cargas, ficando a cargo das instituições públicas a gestão hídrica. (Figura 7)

## BALANÇO HÍDRICO URBANO

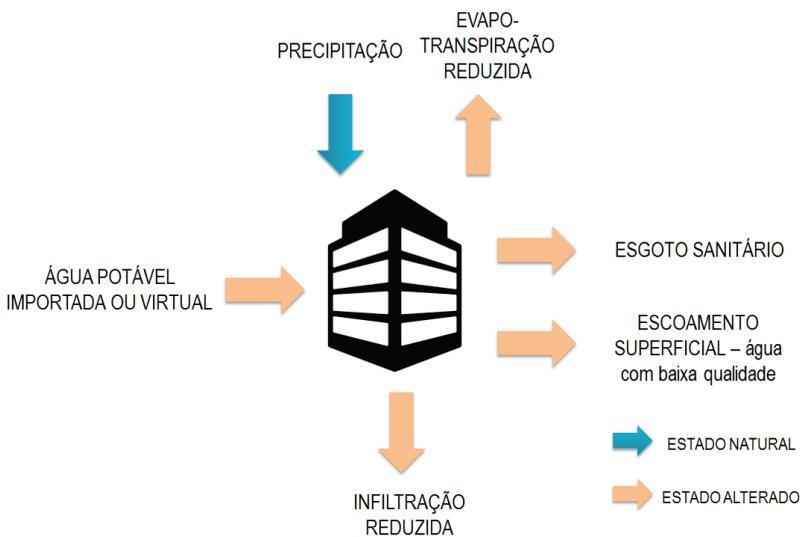


Figura 7: Demanda de água no ciclo dos sistemas prediais comuns.  
Fonte: Hoban e Wong (2006)

A proposta da gestão hídrica está em tornar as edificações mais sustentáveis, inserindo-as no ciclo natural da água e que o impacto gerado seja absorvido, ao menos em parte, pelas mesmas. O objetivo principal está em reduzir o consumo de água potável, e conseqüentemente a produção de esgoto sanitário, aumentar a infiltração no solo urbano para recarga dos lençóis freáticos e amortizar o volume escoamento superficial através de alternativas e ações viáveis ao contexto urbano (Figura 8). (ILHA, 2007)

## BALANÇO HÍDRICO SUSTENTÁVEL

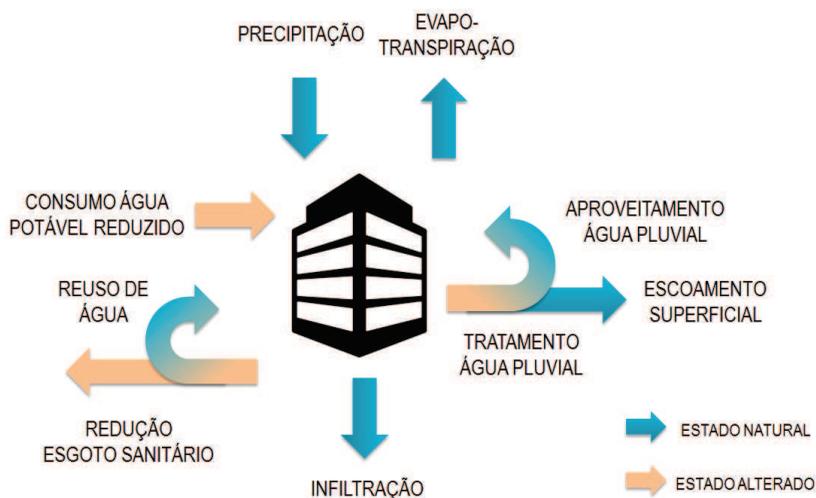


Figura 8: Balanço hídrico de sistemas prediais sustentáveis.

Fonte: Hoban e Wong (2006)

As ações visando à conservação de água e da diminuição da poluição podem ser divididas em três grupos: tecnológicas, sociais e econômicas. As ações tecnológicas são constituídas, como por exemplo, de componentes e sistemas economizadores de água, de fontes alternativas de abastecimento, de sistemas de medição setorizada, sistemas de infiltração e detecção e correção de vazamentos. As iniciativas sociais estão empenhadas em promover campanhas educativas e de sensibilização do usuário. Já as econômicas podem ser na forma de incentivo com a redução de tarifas e subsídios para aquisição de tecnologias para a redução do consumo, como também desincentivos por meio do aumento das tarifas de água em casos de consumo excessivo (OLIVEIRA, 2007). A combinação destas três intervenções tende à maximização dos resultados, além de tornar a economia de água permanente.

Serão detalhadas a seguir algumas das ações possíveis de serem incorporadas em projetos e dependem da iniciativa do empreendedor para que sejam empregadas.



Além de o aproveitamento dessa água ser uma estratégia racional na redução do consumo de água potável fornecida pelo município, minimiza o problema crônico das cidades com drenagem urbana e enchentes, devido à impermeabilização do solo. Cidade de São Paulo e Rio de Janeiro, por exemplo, exigem em sua legislação que edificações com mais de 500 m<sup>2</sup> de área impermeabilizada incluam reservatórios de retenção de água da chuva em projeto, com o objetivo de reduzir o risco de enchentes, ao injetar essa água de forma controlada na rede pública ao fim da chuva. Contudo, não preveem a obrigatoriedade do uso da água na própria edificação, o que tornaria o processo mais ambientalmente consciente. (FOSSATI et al., 2006)

### 2.4.2 Reuso de águas

Alternativa para a redução do consumo de água potável está na separação sanitária, onde o sistema coletor de águas cinzas e negras são independentes com o objetivo de tratamento e disposição diferenciado, possibilitando o reuso da água (ROGERS et al., 2002). Águas negras tendem a ser descartadas por apresentarem um grau de dificuldade elevado na sanitização, contudo, também possuem potencial de reutilização após tratamento (Figura 10).

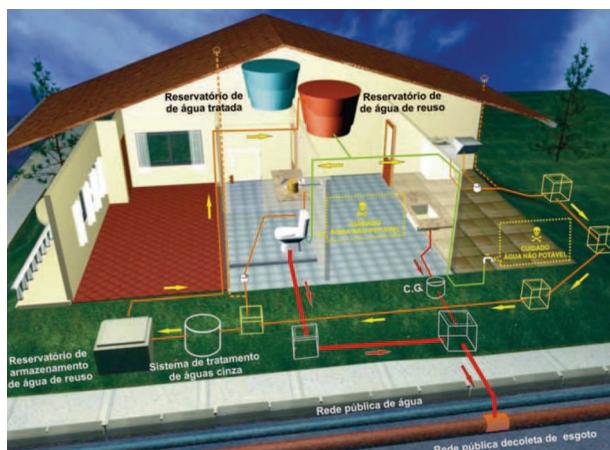


Figura 10: Esquema ilustrativo de um sistema de reuso de água  
Fonte: Oliveira (2007)

As águas cinzas são oriundas de lavatório, chuveiro, tanque e

máquina de lavar roupa e reaproveitadas em descargas de vasos sanitários, lavagem de pisos, irrigação de jardim, onde é totalmente dispensável o uso de água potável (HESPANHOL, 2002). O funcionamento básico ocorre pela condução da água por um sistema reservado até a unidade de tratamento e posterior reservatório de acúmulo, podendo ser necessário ainda um sistema de recalque e rede de distribuição própria. (SANTOS, 2002)

### 2.4.3 Sistema de infiltração de água pluvial

A redução na área impermeabilizada já auxilia na infiltração da água, entretanto sua eficiência depende das características do solo quanto ao coeficiente de permeabilidade e taxa de infiltração, intensidade pluviométrica e nível do lençol freático. Para melhores resultados e também como solução de drenagem são empregados sistemas de drenagem, tais como, pavimentos permeáveis, planos de infiltração, trincheiras de infiltração, poços de infiltração e coberturas verdes (Figura 11). (OLIVEIRA, 2007)



Figura 11: Esquema das camadas de cobertura verde.  
Fonte: LID-STORMWATER (2005), apud OLIVEIRA (2007)

A adoção de sistemas de infiltração contribui para o restabelecimento do equilíbrio do balanço hídrico natural com o aumento da recarga do lençol freático e diminuição do volume de escoamento super-

ficial; além de retardar a vazão de contribuição do terreno por meio da retenção e detenção do escoamento superficial, melhorando a eficiência do sistema público de drenagem e a ocorrência de enchentes. (ILHA, 2007)

#### **2.4.4 Componentes e sistemas economizadores de água**

Devido à intenção de reduzir o consumo de água nas edificações e obter uma gestão dos recursos hídricos eficiente, tem-se difundido o uso de tecnologias economizadoras de água em projetos de sistemas prediais. (FOSSATI et al., 2006)

Componentes e sistemas economizadores são aqueles que por meio de seu mecanismo de funcionamento ou influencia no comportamento do usuário tem como objetivo reduzir o consumo ou desperdício de água. A especificação destes equipamentos de acordo com a atividade desempenhada, funcionamento do aparelho e o tipo de usuário envolvido está entre os principais fatores na garantia de melhores resultados ao longo da vida útil. Para atender as necessidades dos usuários e promover o uso racional da água, o mercado apresenta uma grande variedade de equipamentos hidráulicos. (ANA, 2005)

O vaso sanitário utiliza em média 12 litros de água a cada acionamento, sendo responsável por quase 40% do consumo de uma residência (TOMAZ, 1998). Atualmente, o mercado dispõe de vasos sanitários com sistema VDR (volume de descarga reduzido), cujo funcionamento necessita de 6 litros apenas para realizar a descarga. Uma evolução desse sistema são os modelos com duplo acionamento, conforme a figura 12, que possuem a opção de acionamento parcial, liberando apenas metade do volume de água armazenado para a descarga de dejetos líquidos

Há ainda o emprego apenas da válvula de descarga de duplo acionamento, com funcionamento semelhante à válvula convencional. Apresenta duas teclas para acionar meia descarga ou descarga completa, cujo volume é determinado pelo tempo em que permanece aberta (OLIVEIRA, 2007) . A desvantagem em relação ao seu uso está em depender diretamente do comportamento de usuário para obter bom desempenho, contudo pode ser uma alternativa para sistemas hidráulicos já existentes e se busca melhoramento. (Figura 13)



Figura 12: Vaso sanitário com duplo acionamento.  
Fonte: Roca (2016)



Figura 13: Válvula de descarga de duplo acionamento.  
Fonte: Hydra (2016)

Outro exemplo são as torneiras acionadas por pressão manual, dos pés ou sensores infravermelhos, devido ao fechamento automático das torneiras que possibilita uma economia no consumo de água entre 30% e 77%, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA). Vale ressaltar que torneiras com sensores são também uma opção altamente higiênica por não ser necessário contato para o funcionamento, que ocorre após o afastamento do usuário.

Existe ainda a opção de arejadores, pulverizadores e registros de vazão utilizados na melhoria da distribuição de água e controle na vazão de torneiras; chuveiros com redutores de vazão; mictórios com temporizador de descarga; mictórios secos; e vasos sanitários com sistema a vácuo. (Tabela 8)

As torneiras de pia consideram a abertura de uma volta e o chuveiro sua abertura total para o cálculo da vazão.

Tabela 8: Comparativo de eficiência de equipamentos

Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento Economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 L/ descarga	Bacia VDR	6 L/ descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 L/ descarga	Bacia VDR	6 L/ descarga	40%
Ducha (água quente/ fria) até 6 mca	0,19 L/s	Restritor de vazão 8 L/min	0,13 L/s	32%
Ducha (água quente/ fria) 5 a 20 mca	0,34 L/s	Restritor de vazão 8 L/min	0,13 L/s	62%
Ducha (água quente/ fria) 15 a 20 mca	0,34 L/s	Restritor de vazão 12 L/min	0,20 L/s	41%
Torneira de pia até 6 mca	0,23 L/s	Arejador vazão cte (6 L/min)	0,10 L/s	57%
Torneira de pia 15 a 20 mca	0,42 L/s	Arejador vazão cte (6 L/min)	0,10 L/s	76%
Torneira uso geral/tanque até 6 mca	0,26 L/s	Regulador de vazão	0,13 L/s	50%
Torneira uso geral/tanque 15 a 20 mca	0,42 L/s	Regulador de vazão	0,21 L/s	50%
Torneira uso geral/ tanque até 6 mca	0,26 L/s	Restritor de vazão	0,10 L/s	62%
Torneira uso geral/ tanque 15 a 20 mca	0,42 L/s	Restritor de vazão	0,10 L/s	76%
Torneira de jardim 40 a 50 mca	0,66 L/s	Regulador de vazão	0,33 L/s	50%
Mictório	2 L/uso	Válvula automática	1 L/s	50%

Fonte: SABESP (2015)

### 2.4.5 Sistemas hidráulicos especiais

Sistemas hidráulicos especiais constitui de sistemas de ar condicionado, ar comprimido, torre de resfriamento, destilação, entre outros. A redução no consumo depende das características técnicas desses equipamentos, como vazão, período diário de operação e consumo de água no processo obtidos nos catálogos dos fabricantes. (ANA, 2005) No caso das torres de resfriamento, existe a opção de torres secas, que operam com circuito fechado de água para o resfriamento, evitando perdas por evaporação, como dry coolers ou chillers. (MORETTI et al., 2006)

## 2.5 ENGENHARIA HOSPITALAR

O Ministério da Saúde brasileiro, por meio de uma série de publicações, apresenta normas e critérios de projeto como forma de orientação para os responsáveis pelo planejamento de estabelecimentos de

saúde, disponíveis no site da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. As especificações de cada sistema se encontram a seguir:

Para o sistema de água Fria, segundo o Ministério da Saúde, o cálculo do consumo de água deverá ser baseado no tipo, porte da unidade hospitalar e o estudo populacional da edificação, considerando os elementos atuantes e flutuantes. Em complemento a este estudo deverá ser adotado como parâmetro mínimo o consumo de 500 litros por pessoa. Para os demais dimensionamentos, deve-se adotar a NBR 5626:1998 (NB 0092) - Instalações prediais de água fria.

Para o sistema de água quente, a instalação deverá atender as normas NBR 7198:1993 (NB 0128) - Instalações prediais de água quente e a Portaria 13 - Ministério da Saúde. No atendimento das necessidades do estabelecimento hospitalar, a geração de água quente poderá ser efetuada por vários sistemas energéticos: aquecedores rápidos elétricos; caldeiras a vapor e a gás; caldeiras a vapor e a óleo; geradores de água quente a gás; geradores de água quente elétricos, entre outros. Estes sistemas devem alimentar os seguintes setores: chuveiros da internação; pia das copas lavagem; despejos; expurgos; câmara escura; aparelhos de hidroterapia; máquina de lavar pratos e cubas da cozinha; máquina de lavar roupas da lavanderia. (BRASIL, 1994)

Para a coleta e afastamento de efluentes, o sistema de esgoto sanitário e águas servidas dos vários setores da unidade hospitalar deverão ser coletados visando evitar instalação aparente no teto em áreas assépticas ou de segurança, tais como: salas cirúrgicas, salas de parto, salas de recuperação, salas de UTI, salas de berçários, sala de esterilização, sala de preparo e estocagem de material esterilizado, rouparia, internação, cozinha e centrais de energia elétrica. (BRASIL, 1994)

Deverão ser dotadas de caixas de separação e interceptação de materiais que prejudiquem os elementos de condução dos rejeitos, ou que exijam tratamento prévio para o lançamento na rede pública, todas as áreas de uso específico a seguir: sala de equipamentos radioativos; sala de gesso; sala de laboratórios; cozinha; copa e lavagem; lavanderia; oficinas e garagem. Todas as especificações contidas nas normas também deveram ser atendidas: CNEN-NE-6.05 - Gerência de rejeitos radiativos em instalações radiativas e NBR 8160:1999 (NB 0019) - Instalações prediais de esgotos sanitários. (BRASIL, 1994)

No sistema de captação de águas pluviais deverá ser previsto, em consonância com o projeto arquitetônico do hospital, o atendimento de todas as áreas necessitadas, como: cobertura; drenagem de jardineiras, e captação das circulações de áreas pavimentadas com o atendimento da norma NBR 10844:1989 (NB 611) - Instalações prediais de águas

pluviais. (BRASIL, 1994)

Apesar das normativas dos órgãos responsáveis para conformidade dos estabelecimentos assistenciais de saúde, não há exigência de parâmetros e indicadores de eficiência voltados para o consumo hídrico. O referencial teórico, bem como estudos e valores sobre a realidade brasileira também são um empecilho, visto que não há um órgão oficial responsável pela avaliação deste cenário, dificultando a obtenção de um banco de dados preciso para análise do impacto ambiental dos mesmos. Como forma de realizar alguns comparativos por aproximação, utilizou-se bibliografia americana, levando em consideração características culturais e outras particularidades para efeito de análise.

O Ministério das Cidades por meio da Secretária Nacional de Saneamento Ambiental (SNIS) divulga anualmente o consumo médio *per capita* de água, que corresponde a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. Em Santa Catarina, o consumo médio foi de 153,5 litros por habitante por dia, equiparando-se a média da região sul.

Segundo pesquisa realizada pelo *WaterSense*, programa da *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) para preservação da água, a água utilizada em hospitais e outros estabelecimentos de saúde compreende 7% do consumo de água em instalações comerciais e institucionais nos Estados Unidos. O maior uso de água nos hospitais está no resfriamento de equipamentos, consumo doméstico, paisagismo e procedimentos médicos. (Figura 14)



Figura 14: Consumo de água por setores em hospitais dos EUA  
Fonte: EPA (2007)

Em 2007, os grandes estabelecimentos hospitalares consumiram 503,5 bilhões de litros de água, totalizando 615 milhões de dólares em despesas, com média de 165 milhões de litros e 202,2 mil dólares por edifício. Hospitais com área compatível com o estudo de caso – 18.500 m<sup>2</sup> a 46.500 m<sup>2</sup> – segundo mesma pesquisa, consumiram em média 113,5 bilhões de litros no ano, constituindo uma taxa de 1229 litros por leito/dia, valor muito superior ao apresentado nas bibliografias, e 120,5 mil dólares em despesas, conforme dados apresentados no apêndice A. (EIA, 2012)

Foi relatado também que mais de 99% utilizam esterilizadores ou autoclaves, 75% sistema de irrigação e 17% lavanderias próprias. Estimativas do setor indicam que os custos operacionais com a implementação de práticas eficientes no uso da água em instalações comerciais e instituições podem reduzir cerca de 11% e o consumo em 15%. (EIA, 2012)

Voltado para a realidade local, o Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago (HU), ligado a Universidade Federal de Santa Catarina, possui 209 leitos e consumiu em média 12.347,6 m<sup>3</sup> de água por mês e 216,4 mil reais em despesas, constituindo uma taxa de 1.969,3 litros por leito/dia, segundo dados fornecidos pela administração do Hospital.

## **3 MÉTODOS, FERRAMENTAS E TÉCNICAS**

### **3.1 ETAPAS DE PESQUISA**

Este é um estudo qualitativo e quantitativo do tipo exploratório no qual se realiza a avaliação ambiental do ambiente hospitalar, sob o enfoque da gestão hídrica.

#### **3.1.1 Revisão Bibliográfica**

A primeira etapa de pesquisa tratou-se do levantamento e coleta de informações em publicações relevantes e confiáveis para alcançar os objetivos descritos no primeiro capítulo. Para sustentar os argumentos apresentados e a correta avaliação do estudo de caso foram selecionados autores na linha de pesquisa. A revisão bibliográfica contemplou a sustentabilidade, certificações, avaliação do uso da água em cada uma delas, gestão hídrica e engenharia hospitalar.

#### **3.1.2 Levantamento de dados**

A obtenção de dados relacionados à gestão hídrica ocorreu em duas etapas. Primeiramente por meio da revisão bibliográfica exploratória e pesquisa documental de instituições confiáveis, tais como Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), *U. S. Energy Information Administration* (EIA), Ministério da Saúde, entre outros listados nas referências bibliográficas e do Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago em campo. A segunda etapa foi por meio de entrevista aberta com os arquitetos, engenheiros e consultor LEED responsáveis pelo projeto.

#### **3.1.3 Estudo de caso**

Selecionou-se um empreendimento hospitalar no Estado de Santa Catarina para análise dos projetos e memoriais fornecidos pela empresa IDP Engenharia e Kahn do Brasil.

### **3.1.4 Análise dos resultados**

A última etapa constituiu da análise dos dados e o comparativo, realizados confrontando o conteúdo coletado do projeto e entrevistas com dados obtidos no levantamento, visando determinar o impacto da gestão hídrica no processo de certificação ambiental.

A figura 15 descreve as etapas descritas anteriormente através de um fluxograma.

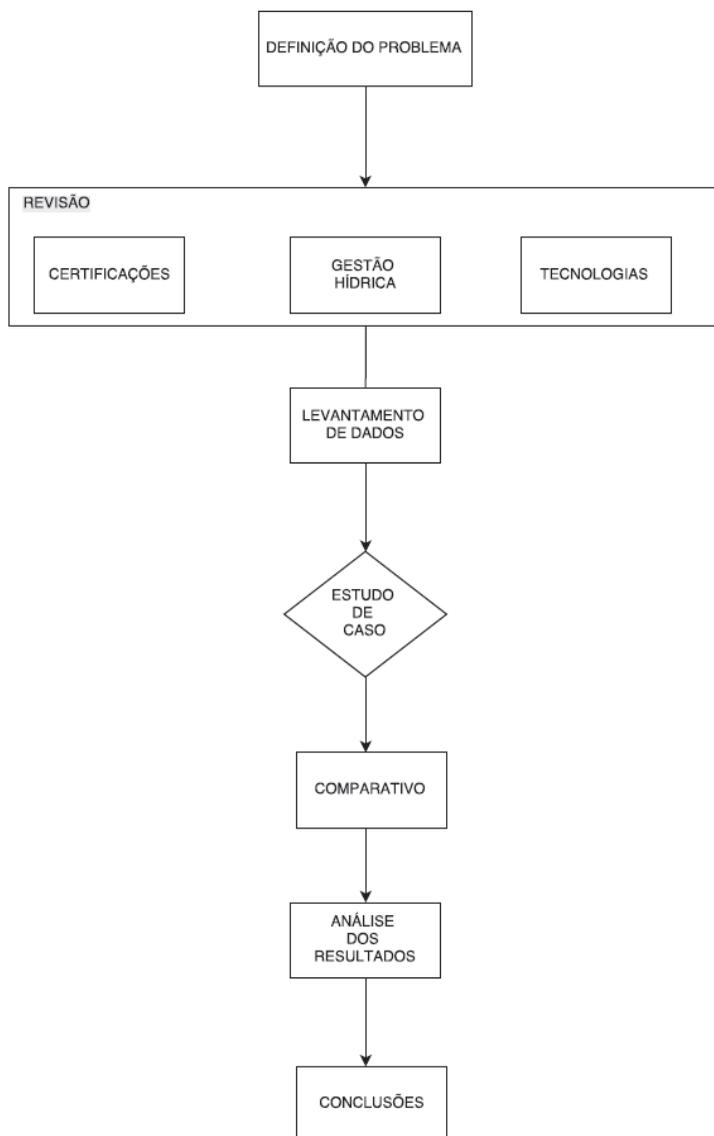


Figura 15: Metodologia de trabalho  
Fonte: Autor (2016)

### 3.2 REGIÃO DE ESTUDO

A análise será realizada como base nos projetos desenvolvidos para a Clínica Hospitalar a ser implantada no estado de Santa Catarina que totaliza a área de 21.609,21 m<sup>2</sup> e conclusão prevista para o ano de 2018. Localizado em área urbana da cidade, o bairro possui perfil de ocupação predominantemente residencial unifamiliar e o polo industrial do município, com maior concentração industrial de médio e grande porte no entorno da edificação.

A escolha do local baseia-se no fato de os três maiores hospitais da cidade estarem situados na região central. Segundo o IBGE, Santa Catarina conta com o total de 16.770 leitos e o município com 741 leitos para internação em estabelecimentos de saúde, onde 541 são leitos privados/SUS, não havendo nenhum administrado totalmente pelo poder público. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001)

A cidade de implantação pertencente à zona climática temperada configurando a categoria Cfa, segundo a classificação climática de Köppen e Geiger. Tal tipo climático possui estações bem definidas, verão quente, umidade alta, inexistência de estação seca, pluviometria significativa com média anual de 1540 mm e temperatura média de 20,3 °C. (Figura 16)

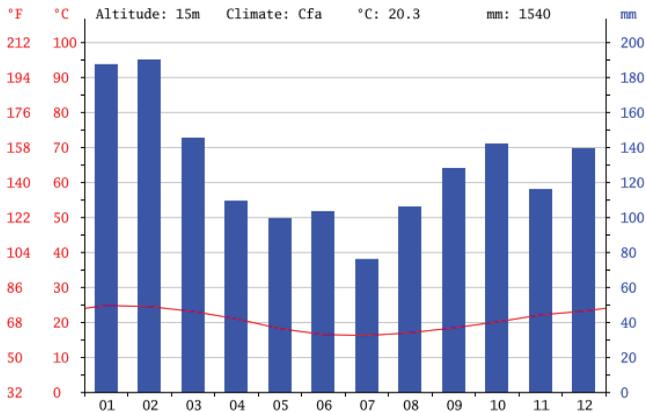


Figura 16: Climograma da região de estudo.

Fonte: Climate-data (2016)

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

O complexo irá dispor de 100 leitos de internação e 20 leitos de unidade de tratamento intensivo destinados a pacientes conveniados e particulares. Serão prestados serviços médicos de média e alta complexidade em quinze especialidades: anestesiologia, cardiologia, gastroenterologia, medicina intensiva, neurocirurgia, oncologia, ortopedia, pneumologia, radiologia, urologia, cirurgia vascular, cirurgia cardíaca, cirurgia plástica, cirurgia oncológica e cirurgia do aparelho digestivo.

O empreendimento está dividido em três blocos: (1) Ambulatorial, (2) Serviços e (3) Hotelaria Hospitalar. O bloco Ambulatorial abriga os consultórios, ambulatório, salas de exame. O bloco de Serviços acomoda o centro cirúrgico, ala de exames de diagnóstico por imagem, necrotério, refeitório, cozinhas, além das áreas técnicas do hospital. Já o bloco de Hotelaria Hospitalar está localizado a área de internação (Figura 17).



Figura 17: Vista geral do hospital em plataforma BIM

Fonte: Kahn do Brasil (2016)

Para efeitos de dimensionamento, são estimados, na memória de cálculo do projeto, 600 funcionários com consumo diário de 50 litros por pessoa, e 125 leitos (número inicial de leitos) com 400 litros por leito por dia, além da população flutuante de 4000 pessoas, totalizando um volume de 80.000 litros por dia com reserva para 48 horas. O reservatório inferior terá capacidade para 100.000 litros e o superior para 80.000 litros para o hospital. Para o restaurante, considerou-se 320 refeições por dia com consumo de 8.000 litros por dia com reserva para 48 horas, e adotou-se reservatório inferior com capacidade para 15.000 litros e superior para 10.000 litros. Para o refeitório, considerou-se 500

refeições por dia com consumo de 20.000 litros por dia com reserva para 48 horas, e adotou-se reservatório inferior com capacidade para 25.000 litros e superior para 20.000 litros. A capacidade total dos reservatórios é de 250.000 litros. O fornecimento de água está separado para controle do consumo e porque a administração do refeitório será tercerizada.

O referido projeto atende às exigências das obrigações legais vigentes e foi elaborado de acordo com as seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 5626/1998 – Instalação predial de água fria; NBR 7198/1993 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente; NBR 9050/2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Por se tratar de uma unidade hospitalar, as seguintes normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também foram utilizadas: RDC N<sup>o</sup>. 50, de 21 de fevereiro de 2002, a qual dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistências de saúde; RDC N<sup>o</sup> 307, de 14 de novembro de 2002, a qual retificou a Resolução - RDC n<sup>o</sup> 50, de 21/02/2002.

A concepção do projeto baseia-se em oferecer uma solução à gestão hídrica que atenda às necessidades do empreendimento e contemplem as exigências que fazem parte da matriz de responsabilidade para a obtenção da certificação LEED *for Healthcare* e LBC, sendo exigido o menor custo de manutenção e operação, simplicidade de instalação e facilidade na montagem e máxima qualidade. As demais certificações relacionadas neste trabalho não possuem avaliação ambiental específica para essa tipologia, logo será utilizado a tipologia de edifício comercial para fins de comparação, pois mesmo sendo bem diferentes, um hospital enquadra-se como edificação comercial.

Existem 17 empreendimentos certificados no Estado, dos quais 3 são *LEED New Construction* e 2 *LEED Core Shell*. Não há empreendimentos da tipologia *LEED for Healthcare* certificados no Brasil, apenas 6 projetos registrados, dos quais 4 estão localizados em São Paulo, 1 no Paraná e 1 em Santa Catarina, sendo este o utilizado para o estudo de caso.

A figura 18 mostra a implantação da edificação e proporciona uma visão geral do posicionamento dos elementos que serão detalhados na continuidade deste trabalho.

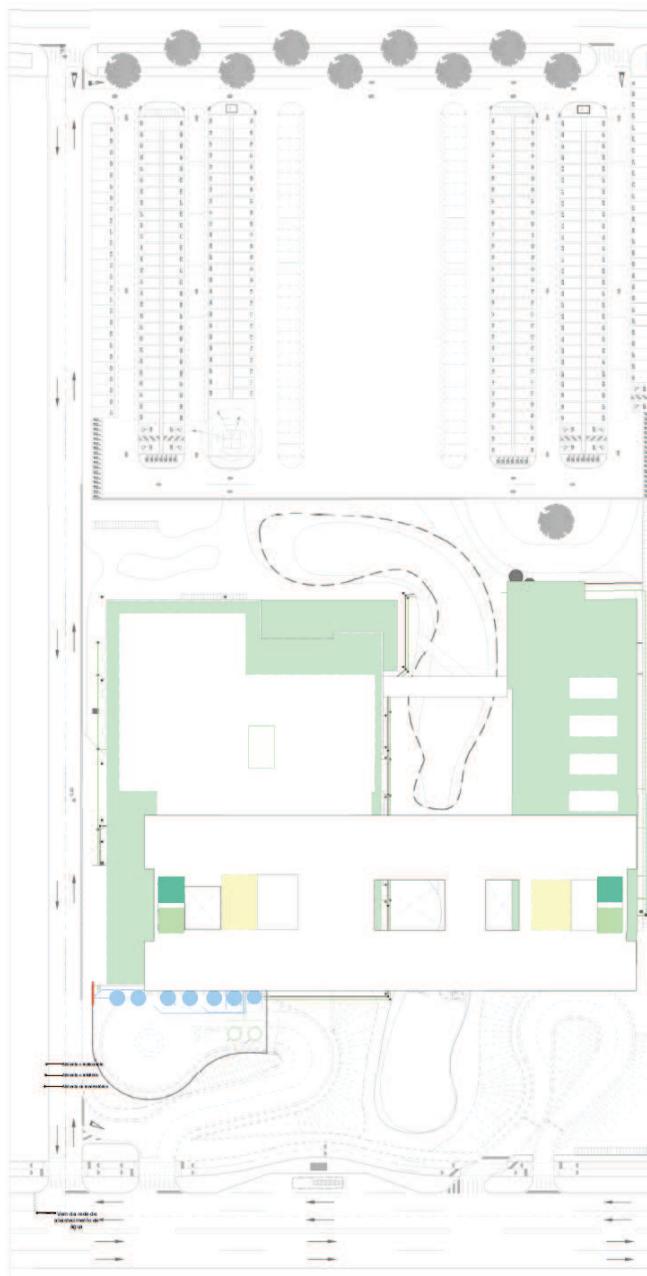


Figura 18: Planta de implantação do projeto hidráulico  
Fonte: IDP (2016)



## 4 RESULTADOS

### 4.1 GESTÃO HÍDRICA

As medidas para economia do consumo de água atendem às normas estabelecidas pelo *Green Building Council* Brasil (GBCB), responsável pela emissão da certificação LEED para construções sustentáveis. Na categoria de Eficiência Hídrica, foram requisitados sete dos nove pontos possíveis, além de atender os pré-requisitos obrigatórios, e na categoria Terrenos Sustentáveis existem dois créditos referentes a projetos de águas pluviais que são detalhados a seguir.

#### 4.1.1 Redução do consumo de água: pré-requisito

Para o atendimento da condição de obrigatoriedade da redução da carga sobre o sistema de abastecimento de água e esgoto, devem-se empregar medidas que reduzam o consumo em pelo menos 20%. A certificação adota o uso de equipamentos economizadores de água com parâmetro estabelecido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) para alcançar o objetivo. O cálculo é baseado na ocupação estimada e deve incluir os equipamentos e acessórios aplicáveis ao escopo de projeto – vasos sanitários, mictórios, torneiras de lavatórios e torneiras industriais com pulverizador para pré-lavagem de alimentos. Equipamentos para uso clínico, como lavatórios cirúrgicos e em salas de exame não são contemplados neste cálculo. (Tabela 9)

Foi especificado em projeto a instalação de aparelhos equipados com arejadores ou restritores de vazão de alta eficiência em economia de água com volumes especificados pelo GBC. Os aparelhos que serão utilizados são torneiras com difusores aerados e vazão de 5 litros por minuto (L/min) nas áreas de internação, exame, UTI e banheiros públicos, e vazão de 1,8 L/min para áreas destinadas aos funcionários, fraldário e sanitários adaptados; torneiras hidromecânicas; chuveiros com vazão baixa na ordem de 8L/min (econômicos); vasos sanitários com caixa de descarga acoplada ou caixa de descarga embutida para banheiros pessoas com necessidades especiais com duplo acionamento, com volume de 3L e 6L por descarga. A tabela 10 lista os equipamentos relacionados em memorial.

A economia foi de 21,8% para os equipamentos em relação ao parâmetro estabelecido pelo LEED, conforme a tabela 10. Como equi-

Tabela 9: Parâmetro de eficiência para uso comercial e residencial, adaptado da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA)

EQUIPAMENTOS	VAZÃO
Vaso sanitário	6 L/descarga
Mictório	3,8 L/descarga
Torneira de lavatório	8,5 L/min com 4 bar, uso privado 2 L/min com 4 bar, uso público 1 L/ciclo, torneira hidromecânica
Torneira industrial (cozinha)	Taxa de vazão menor que 6 L/min
Chuveiro	9,5 L/min com 5,5 bar por chuveiro

Fonte: GBC (2010)

Tabela 10: Especificação dos equipamentos para utilização em projeto

EQUIPAMENTO ECONOMIZADOR ESPECIFICADO	CONSUMO	PARÂMENTRO LEED	CONSUMO	ECONOMIA
Bacia com saída vertical para PNE + caixa de descarga embutida para Drywall	3 - 6L/descarga	Bacia com caixa acoplada	6 L/descarga	31,3%
Bacia com saída vertical + caixa acoplada com acionamento duplo	3 - 6L/descarga			
Mictório sem uso de água	Sem uso de água	Mictório	2 L/descarga	100%
Chuveiro de parede	8 L/min	Chuveiro	9,5 L/min	15,8%
Chuveiro de parede com desviador e ducha	8 L/min			
Chuveiro e misturador antivandalismo	8 L/min			
Torneira de mesa acionamento hidromecânico e fechamento automático + arejador	0,35 L/ciclo	Torneira hidromecânica	1 L/ciclo	65%
Torneira de mesa acionamento hidromecânico e fechamento automático bica alta + arejador	6 L/min	Torneira (uso privado)	8,5 L/min	29,4%
Misturador monocomando de mesa bica baixa	5 L/min			
Torneira para lavatório cirurgico com acionamento por pedal	6 L/min	Torneira (uso público)	2 L/min	- 200%
Torneira de parede cruzeta	5 L/min			
Torneira monocomando de mesa flexível	5 L/min			
Torneira misturador de mesa com bica móvel + arejador	8 L/min			
Torneira cozinha	16 L/min	Torneira cozinha	8 L/min	- 100%
<b>ECONOMIA TOTAL</b>				<b>21,8%</b>

Fonte: Kahn do Brasil (2016)

pamentos destinados a fins clínicos não estão incluídos no cálculo, não foram especificados vazão para torneira com alavanca para aplicação em áreas que necessitam de fechamento sem o contato das mãos.

As certificações CASBEE e *Green Star* utilizam do mesmo conceito do LEED em empregar equipamentos economizadores de água como critério de avaliação e o GBToll prioriza limitar o consumo de água pelo agente consumidor. Já o BREEAM, adota as duas medidas e ainda o emprego de equipamentos com detector de presença nos

vasos sanitários e mictórios, que não são contemplados neste projeto.

#### **4.1.2 Redução do consumo de água: acima de 30%**

Embora a redução do consumo de água seja obrigatória e seja contemplado com equipamentos economizadores, o sistema de avaliação prevê créditos para a adoção de iniciativas que aumentem esta economia para pelo menos 30%. As estratégias adotadas para o hospital reduziram em mais de 45%<sup>1</sup> o consumo, permitindo a obtenção dos três pontos disponíveis neste crédito. O cálculo desta redução também é efetuado com base na ocupação do edifício, número de funcionários e usuários, e dos equipamentos instalados. A economia gerada devido ao uso de equipamentos eficientes associados às estratégias na redução do consumo é comparada com o baseline definida pelo LEED.

O projeto adota o uso das águas pluviais oriundas das coberturas como estratégia para redução no consumo, atingindo a redução de praticamente 100% do consumo. Captadas das coberturas verdes, transitáveis e intransitáveis, estas passam por um filtro e são acumuladas no lago artificial ou na cisterna, sendo esta que reterá, além do volume para consumo, a reserva técnica de incêndio (Figura 19).

---

<sup>1</sup>O crédito alcançou performance exemplar, que é quando a economia é igual ou maior que 45%

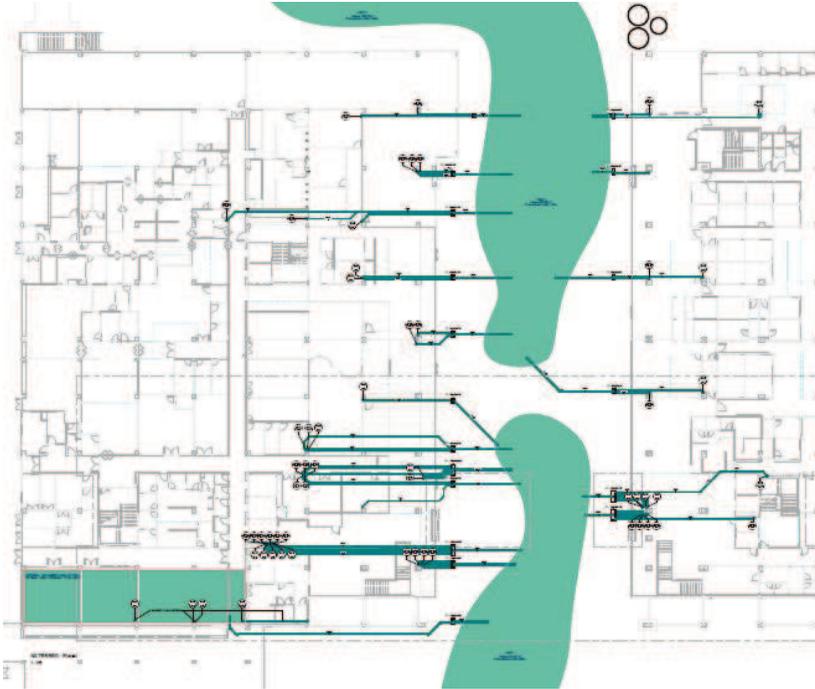


Figura 19: Planta de implantação do sistema de água pluvial  
 Fonte: IDP (2016)

O lago artificial, citado anteriormente, terá papel fundamental na gestão hídrica do Hospital. Além do propósito estético na composição do paisagismo, a capacidade de  $1249,45 \text{ m}^3$  será responsável por armazenar a água pluvial captada para tratamento e retardo, divididos em três lagos, com volumes detalhados na tabela 11. A capacidade total do lago, junto com os reservatórios, representam 14 dias de consumo garantindo autonomia do sistema num período de estiagem. O volume do lago será intermitente pois dependerão da frequência das chuvas e do consumo, mantendo-se apenas o volume morto para fins estéticos. Caso o volume precipitado seja maior que a capacidade de armazenamento, a água extravasará e seguirá para o tanque de retardo.



A qualidade da água pluvial destinada a fins potáveis atenderá a determinação da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde e seguir o disposto nas regras, em razão de a NBR 15527:2007 - Sistema Predial de Água de Chuva - Aproveitamento de águas de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis - não definir parâmetros para consumo humano como o próprio nome sugere. Fisicamente a água não deverá apresentar cor, turbidez, odor e sabor. Os aspectos químicos e biológicos e a frequência de análise deverão estar de acordo ao determinado no anexo da mesma Portaria (Tabela 12).

Tabela 12: Padrão de qualidade da água para consumo humano

Parâmetros Microbiológicos	
Escherichia Coli	Ausente
Coliformes totais	Ausente
Bactéria Heterotróficas	500 UFC
Cloro residual	0,2 mg/L
Parâmetros Físicos	
Turbidez	<0,5 uT <sup>2</sup>
Cor	<15 uH <sup>3</sup>
Odor	Ausente
Sabor	Ausente

Fonte: Ministério da Saúde (2011)

A figura 21 detalha esquematicamente a gestão hídrica das águas pluviais. Esse sistema considera quinze dias de consumo com uma reserva de 1.200 m<sup>3</sup> e consumo diário de 80 m<sup>3</sup> e torna dispensável o abastecimento da concessionária local.

Complementando as soluções na redução do consumo, um sistema complementar de águas de reuso, oriundas das águas cinzas do esgoto primário (chuveiros e lavatórios) da área de internação, foi previsto em projeto para uso futuro. A tubulação de esgoto sanitário está separada em águas cinzas, pretas e expurgo, além de espaço físico destinado à instalação da estação de tratamento de esgoto para esta finalidade. Inicialmente, esse sistema operaria em conjunto com o de águas pluviais, no entanto, constatou-se que a demanda prevista era suprida integralmente pela pluviometria anual. A manutenção desta solução em projeto tem a intenção de permitir a incorporação desse sistema secundário caso haja períodos extremamente longos de estia-

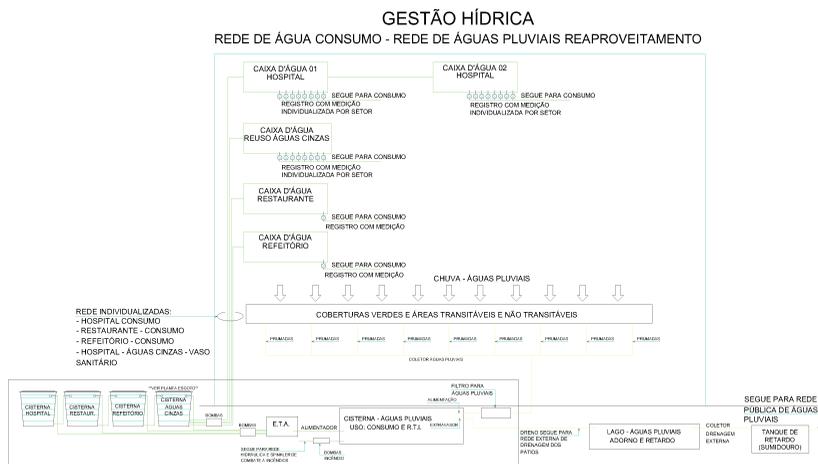


Figura 21: Desenho esquemático da gestão hídrica de águas pluviais  
Fonte: IDP (2016)

gem ou aumento no consumo, e ainda assim o atendimento dos preceitos definidos na certificação ambiental por evitar-se o uso da água fornecida pela concessionária municipal.

Apesar da autossuficiência hídrica, o hospital estará ligado à rede concessionária de água local para eventuais emergências. O controle do fornecimento será realizado por três medidores, ligados à rede do hospital, restaurante e refeitório. Na parte hospitalar, o sistema de distribuição será indireto, de modo que o armazenamento ocorrerá nas cisternas localizadas no térreo e em dois depósitos superiores no pavimento cobertura, para então atender todos os pontos de consumo dos pavimentos térreo, 1º pavimento, 2º pavimento, 3º pavimento e 4º pavimento por gravidade. Já para o restaurante e refeitório, o abastecimento do pavimento térreo ocorrerá a partir da cisterna e um depósito superior para cada.

Neste item as estratégias adotadas pelo Hospital atendem às solicitações mínimas e geram pontos extras, pois substitui a entrada da água fornecida pelo município pela água pluvial para todos os pontos de consumo, inclusive para fins nobres. No entanto, deve-se analisar que a gestão hídrica corresponde por uma parcela pequena no sistema

de pontuação das avaliações e não instiga soluções inovadoras, logo facilita-se o cumprimento das exigências.

De maneira geral, todas as certificações definem estratégias para redução no consumo principalmente com o uso de equipamentos. O GBToll inclui ainda a quantidade mínima para uso da água pluvial como forma de substituição da água potável, a instalação de sistemas de reúso de águas cinzas e a garantia da potabilidade da água quando não houver abastecimento pela rede pública. O *Green Star* prevê reúso de águas cinzas e negras, já o CASBEE adota a combinação dos itens anteriores, exceto a garantia de potabilidade.

### **4.1.3 Redução do consumo de água: equipamentos**

Estes crédito preve a redução ou eliminação do uso de água potável em processos de equipamentos, tais como, uso de bombas de vácuo secas para sistema de aspiração<sup>4</sup>, compressores de com resfriamento a ar ou sistema fechado; eliminação do uso de sistema de vácuo *venturi* para esterilização; e uso de unidade de reciclagem de água utilizado no processo de revelação de raio-x em aparelhos com quadros maiores que 150 mm.

Os equipamentos de esterilização a serem utilizados não necessitam de água. Os demais utilizaram água proveniente do aproveitamento das águas pluvias, o que reduz o consumo de água potável.

### **4.1.4 Redução do consumo de água: controle e verificação**

Para a obtenção completa dos três pontos do crédito destinados ao controle e verificação do consumo, devem-se instalar três medidores de água para monitorar o uso em qualquer um dos locais listados no sistema de pontuação, conforme aplicabilidade ao projeto. Foram previstos os medidores individuais na saída dos reservatórios da rede do hospital para monitorar o uso no laboratório e centro cirúrgico e de água fria na composição do sistema de água quente por pavimento e setorizado. O sistema de água quente também possui medidores na tubulação de retorno para os boilers para a verificação do volume não consumido e que necessita de recirculação (Figura 22).

---

<sup>4</sup>Exceto para sistema de vácuo para esterilização, que podem utilizar bombas de vácuo anel líquido.

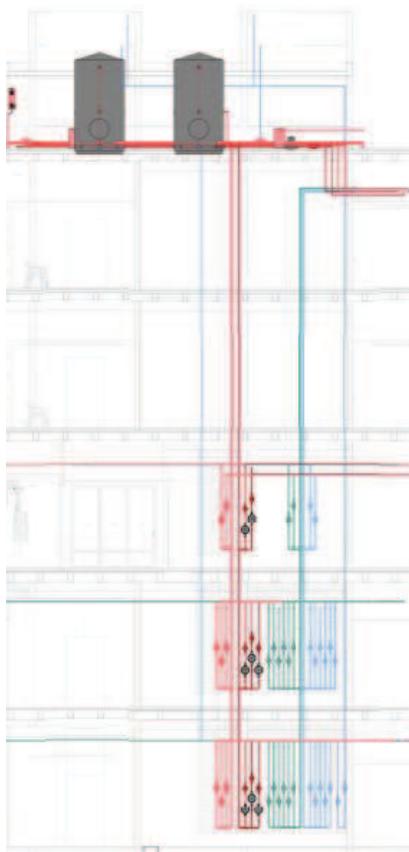


Figura 22: Corte esquemático do shaft com os medidores individuais  
Fonte: IDP (2016)

Nota-se que sistemas de medição individualizada compõem a lista de requisitos a serem atendidos nas principais certificações, como a BREEAM, CASBEE, GBTOll e *Green Star*, cumprindo a função de monitoramento do consumo de água e auxiliando na detecção de eventuais problemas hidráulicos. Entretanto, medidas diretas para detecção de vazamento são solicitadas apenas nos principais pontos de consumo no BREEAM. O CASBEE solicita também facilidade na substituição de tubulações hidráulicas e especifica a substituição de tubulações e equipamentos em intervalos definidos. O LEED é a única certificação que requisita medição individualizada nos principais pontos de consumo.

#### 4.1.5 Resfriamento de equipamentos médicos

O segundo item obrigatório para o LEED *for Healthcare* é minimizar o uso de água potável para o resfriamento de equipamentos médicos, salvo sistemas secundários (*backup*) e quando prescrito em norma ou não for permitido por lei. Visto que o único equipamento médico em que haverá necessidade de resfriamento à água será a ressonância magnética e que trabalha como um sistema onde não há troca de água (fechado), o hospital irá operar sem o uso de água potável para este fim e o completo atendimento do pré-requisito.

Não há meios de comparar este item com as metodologias apresentadas, visto que a tipologia hospitalar possui particularidades que não são pertinentes para edificações comerciais comuns, logo não são listadas pelas avaliações ambientais. Entretanto, o *Green Star* incentiva o uso de sistemas de resfriamento com uso otimizado, formas alternativas de fornecimento ou sem o emprego de água.

#### 4.1.6 Paisagismo

Para atender ao crédito “Paisagismo com uso eficiente de água” são apresentadas duas opções: utilizar apenas águas pluviais captadas, águas residuais ou cinzas recicladas, ou água tratada por um órgão público especificamente para fins não potáveis para irrigação; ou instalar paisagismo que não requeira e não necessite de sistema de irrigação permanente, existindo a possibilidade da instalação provisória para estabelecimento das plantas e remoção do sistema no prazo de um ano.

Com a finalidade de obter este crédito, o projeto prevê a incorporação de plantas nativas da região usualmente utilizadas em paisagismo, não sendo necessário sistema de irrigação permanente nos jardins e coberturas verdes (Figura 23).



Figura 23: Planta das coberturas verdes por pavimento  
 Fonte: IDP (2016)

Além da disponibilidade local, foram selecionadas plantas cultivadas em campos ou telado, para reduzir completamente a necessidade de processos de adaptação e aclimação. Para o processo de estabelecimento, durante o período de seis meses a um ano em casos extraordinários, haverá irrigação de modo manual por meio um ponto de água instalado próximo às áreas e água advinda do sistema de aproveitamento da água pluvial.

Caso fosse avaliado em outra certificação, estaria de acordo com o *Green Star*, visto que as demais não especificam o uso de água pluvial para irrigação. O CASBEE emprega plantas que absorvam  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  e poeira. Outro critério em relação a paisagismo, adotado pelo GBTool e o *Green Star*, é o sistema de irrigação eficiente por gotejamento, no entanto não seria aplicável ao projeto em questão. O LEED é o único que tem como prerrogativa o emprego de vegetação que não necessite de sistema de irrigação.

#### 4.1.7 Sistema de resíduos orgânicos

Não foram adotadas estratégias que suprissem as exigências para obtenção do crédito nos itens destinado aos sistemas de resíduos orgânicos. O funcionamento do restaurante ainda é um item a ser definido pelo

grupo de médicos responsáveis pelo empreendimento. Como se pretende terceirizar a operação deste serviço e ainda não há definição de uma empresa responsável, a coordenação no atendimento aos requisitos do crédito torna-se complicada, por isso foi removida do escopo.

#### 4.1.8 Torres de resfriamento

A redução ou eliminação completa no uso de água potável em torres de resfriamento é o único crédito não aplicável à certificação pela ausência dos mesmos em projeto. Posto que nem todos os créditos sejam aplicáveis e durante a seleção dos créditos devem-se alinhar estas escolhas para atender o real objetivo, que é o equilíbrio no tripé que se baseia a sustentabilidade.

Inicialmente, o empreendimento foi concebido com torres de resfriamento, no entanto, a utilização de sistemas, como VRF e outros, tornou dispensável o uso de torres. Com essa mudança de estratégia, gerou-se pontos em outros créditos e trouxe benefícios maiores ao Hospital. Ressalta-se ainda que o não uso de torres de resfriamento deveria creditar pontos, posto que o eliminação completa do sistema acaba por reduzir o impacto ambiental.

Este tópico está presente no CASBEE e *Green Star* com o pretexto de eliminar o risco de contrair a *legionella Pneumophila*, bactéria que causa infecção no sistema respiratório, podendo evoluir para pneumonia grave até a morte.

#### 4.1.9 Drenagem: estratégias

Na categoria Terrenos Sustentáveis, o primeiro crédito relacionado à gestão hídrica é limitar a perturbação da hidrologia natural, reduzindo a cobertura impermeável, aumentando a infiltração no local e eliminando a poluição proveniente de escoamentos de águas pluviais.

Devido à impermeabilização do terreno ser superior a 50%, deve-se desenvolver um plano de controle e gerenciamento de águas pluviais que resulte na redução de 25% no volume de escoamento para uma tempestade de 24 horas com tempo de retorno igual a 2 anos.

As estratégias adotadas que contribuem para o atendimento ao crédito estão incorporadas em outros itens detalhados anteriormente, tais como os telhados verdes e o lago artificial. Há ainda a utilização de tanques de retardo como parte do plano, mas o principal motivo do

uso está na obrigatoriedade da legislação municipal que não considera o volume retido fora dos tanques como contribuintes (Figura 24).

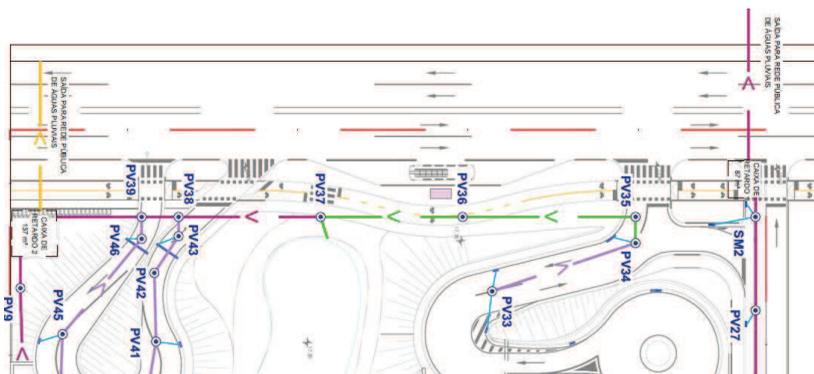


Figura 24: Detalhe do posicionamento dos tanques de retardo  
Fonte: IDP (2016)

O volume que exceder à capacidade do lago e da cisterna e referente à drenagem da pavimentação externa será escoado para a rede pública de águas pluviais, permanecendo retido em dois tanques de retardo, como volume igual a 137 m<sup>3</sup> e 87 m<sup>3</sup>, como a legislação municipal prevê, onde novos empreendimentos, públicos e privados, com área impermeabilizada igual ou superior a 400 m<sup>2</sup>, devem possuir reservatórios de retenção das águas pluviais com volume equivalente à vazão do tempo a 6 minutos, para posterior descarga na rede de drenagem ao longo de 24 horas.

As ferramentas BREEAM, CASBEE e GBTool também preveem essas medidas de mitigação no seu escopo, no que se refere a drenagem.

#### 4.1.10 Drenagem: controle de qualidade

Prescreve-se, neste crédito, limitar as perturbações e poluição dos cursos de água através da gestão de escoamento de águas pluviais com o aumento da área permeável, promovendo a infiltração, e tratando 90% do escoamento de águas pluviais, em relação a precipitação média anual. Este deve utilizar as melhores práticas de gestão e ser capaz de remover 80% da média anual dos sólidos suspensos com base em relatórios de monitoramento existentes.

Para a retenção dos sólidos em suspensão, estão previstos filtros

de caixa de areia antes da entrada das caixas de retardo. Considera-se também que os jardins contribuem para esta remoção, ocorrendo a filtração natural nas áreas permeáveis.

Apenas o *Green Star* especifica ações semelhantes as empregadas no LEED para o controle de qualidade do escoamento superficial antes do descarte por meio de tratamento.

A figura 25 apresenta a gestão hídrica de forma esquemática para melhor entendimento de cada rede detalhada anteriormente.



#### 4.1.11 Esgoto Sanitário

Em relação à rede de esgoto sanitário, será instalada uma estação para o tratamento das águas negras e cinzas, que serão lançadas na rede pública de águas pluviais, posto que o hospital encontra-se em um bairro que ainda não é atendido pelo sistema público de saneamento. Segundo relatório do Instituto Trata Brasil com o ranking do saneamento do ano de 2016, a cidade de implantação possui cobertura de 30,6% do tratamento de afluentes urbanos, e a previsão de conclusão dos trabalhos é estimada para 2039.

Caso seja colocado em uso o sistema de reaproveitamento de águas cinzas, ocorrerá o desvio destas águas para a estação de tratamento específica a ser implantada e, posteriormente ao tratamento, acumuladas na cisterna e reservatório próprios para distribuição junto aos vasos sanitários, onde todo esse sistema e adaptações estão previstos em projeto. No primeiro momento, o abastecimento desses reservatórios está sendo atendido pela estação de tratamento de águas pluviais.

A figura 26 apresenta a gestão hídrica da rede de esgoto de forma esquemática para melhor entendimento.

O CASBEE, assim como o LEED, prevê sistema de tratamento para o esgoto gerado. GBTool e *Green Star* limitam o esgoto gerado pelo usuário como meio de reduzir a carga na infraestrutura local.



## 4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO CAPÍTULO

A tabela 13 apresenta a síntese das estratégias adotadas por cada certificação estudada.

Tabela 13: Comparativo entre as estratégias adotadas pelas certificações

	BREEAM	CASBEE	GBToll	Green Star	LEED
Equipamentos economizadores nos pontos de consumo	x	x		x	x
Limitar consumo pelo usuário	x		x		
Equipamentos com detector de presença em sanitários	x				
Volume mínimo de água pluvial em substituição de água potável		x	x		x
Sistema de reúso de água cinza		x	x	x	x
Sistema de reúso de água preta		x		x	
Garantia de potabilidade quando abastecimento não for por rede pública			x		
Sistema de medição individualizada	x	x	x	x	x
Sistema de medição individualizada para áreas comuns					x
Sistema para detecção de vazamentos nos principais pontos	x				
Facilidade e substituição em intervalos definidos de tubulações e equipamentos		x			
Aproveitamento de água pluvial para irrigação				x	x
Sistema eficiente para irrigação			x	x	x
Utilização de vegetação que não necessite irrigação, exceto durante período de adaptação					x
Sistema de tratamento de esgoto		x			x
Limitação do esgoto produzido			x	x	x
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>10</b>

Fonte: Autor - adaptado de Oliveira (2007)

A certificação LEED apresentou mais estratégias para a gestão hídrica, conforme se verifica na tabela anterior. Todavia, não é possível garantir melhor desempenho em relação a outras ferramentas de avaliação ambiental, posto que é necessário uma avaliação qualitativa de cada item para este embasamento e foram analisados apenas os itens relacionados ao consumo direto de água.

Em relação às certificações analisadas, constatou-se que a gestão hídrica nas certificações estudadas não representa um peso significativo na visão global, tendo como foco principal a eficiência energética. Isto deve-se à realidade dos países de origem, como por exemplo os EUA, onde a matriz energética é baseada em combustíveis fósseis, que impactam o meio ambiente em todas etapas do processo produtivo. Com isso, o objetivo principal está em reduzir o consumo de energia direto e o incorporado aos materiais utilizados.

A realidade brasileira, no entanto, foge deste padrão graças a abundância de recursos naturais. Os recursos hídricos são fonte limpa de energia e correspondem por 61,3% da potência da matriz energética nacional, segundo a ANEEL (2016). Portanto, critérios relacionados à eficiência energética não deveriam ocupar posição de destaque nos empreendimentos certificados no país.

Esse destaque deveria ser direcionado para a gestão hídrica no caso de uma adaptação nacional, como forma de diminuir o consumo de água e conseqüentemente a produção de esgoto sanitário. Visto que o saneamento básico ainda é escasso, grandes volumes de esgoto são lançados sem tratamento nos cursos de água, poluindo a fonte de consumo. Há ainda o apelo turístico na preservação por conta das paisagens naturais que atraem turistas e movimentam a economia nacional.

Ao se analisar globalmente, o consumo consciente deveria refletir uma peso maior também pela disponibilidade de água no mundo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), são recomendados 50 litros para um pessoa viver diariamente com higiene e bem-estar, mas são consumidos 187 litros por brasileiro e até 600 litros em outros países. Aspectos culturais precisam de mudanças como forma de manter os recursos hídricos para as gerações futuras e devem ser incentivados pelas organizações que se julgam promotoras da sustentabilidade na construção civil. Notou-se também uma tendência das estratégias apresentadas, visto que algumas certificações foram embasadas em outras já existentes, corroborando com o relatado na revisão bibliográfica.

O *Living Building Challenge* propõe que medidas genéricas pois pretende ser aplicável em qualquer escala, projeto ou localização e baseia-se no verdadeiro desempenho da edificação em operação, deixando em aberto as soluções que irão torná-lo sustentável, não sendo possível compará-lo com as estratégias definidas pelas demais certificações. No entanto, as soluções definidas para este projeto estão de acordo ou não interferem com o proposto pelo LBC, posto que busca-se

esta certificação para o mesmo.

A gestão hídrica corresponde a categoria *Net Positive Water* que estabelece que a entrada e saída de água deve estar em harmonia o exterior, de modo que 100% da necessidade hídrica do projeto seja atendida pelo aproveitamento da água da chuva e\ou reúso de águas, e purificado, se necessário, sem a adição de produtos químicos. Também, toda água pluvial e descarga de água, incluindo águas cinzas e pretas, devem ser tratadas no local e gerenciadas através de reutilização, um sistema fechado ou infiltração. Caso haja excesso de águas pluviais, pode-se lançar em terrenos adjacentes sob certas condições.

O consumo hídrico projetado seria de  $108 \text{ m}^3/\text{dia}$  e considerando uma capacidade de reservatório de 48 horas mais o volume do lago, tem-se  $1.499,45 \text{ m}^3$ , os quais, previu-se serem obtidos do aproveitamento da água da chuva. Só aqui, pode-se definir uma redução significativa de consumo da rede pública de água potável, sendo a redução de 100% no consumo quando o sistema estiver operante. Ressalta-se também que este projeto é pioneiro no Brasil e carece de legislação pois não possui precedentes legais.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os requisitos considerados na gestão hídrica pelas ferramentas internacionais de avaliação ambiental de edificações selecionadas.

Após análise dos requisitos e atendendo ao primeiro objetivo específico, considerando a elaboração de um sistema de gestão da água na fase de projeto prescritos nas certificações, foram identificadas as principais estratégias, visando a redução do consumo e do desperdício de água. Destacam-se a utilização de equipamentos economizadores de água; incentivo à adoção de sistemas de aproveitamento de água de chuvas e reuso de água cinzas e negras para atividades que não requerem água potável; estímulo à sistema de irrigação eficientes ou paisagismo que não requeira irrigação; utilização de medidores individuais; aumento das áreas permeáveis e controle de qualidade da água da chuva; redução do consumo de água ou da não utilização de torres de resfriamento; e conscientização do usuário.

Verificou-se que a utilização de equipamentos economizadores de água é uma prática comum em novos projetos. Essa adesão cada vez maior aos princípios de sustentabilidade pela construção civil, estimula a redução no consumo de água potável e na conscientização do usuário.

Como aliado na redução do consumo, o sistema de gestão de águas pluvias é considerado uma alternativa viável, tanto para usos não potáveis, quanto para a substituição do abastecimento municipal de água potável em locais com pluviometria alta, como constatado no estudo de caso. Além de auxiliar no controle de enchentes e reduzir a absorção de poluentes carregados pela chuva até os cursos de água.

Em relação ao sistema de pontuação, vale ressaltar que a maior parte das metodologias fazem uso critérios prescritivos, tal como listas de verificação e estratégias, como forma de avaliação por serem mais simples e facilmente incorporados em projeto. No entanto, critérios de desempenho, por meio de *benchmark*, seriam capazes de avaliar melhor o desempenho da edificação, visto que os créditos estariam correlacionados e refletiriam os reais impactos ambientais devido as decisões tomadas.

No que se refere ao segundo objetivo, as estratégias para gestão hídrica previstas no LEED são a redução no consumo de água pelo uso de equipamentos e acessórios economizadores; monitoramento do consumo por medidores em pelo menos três dos setores listados; redução do uso de água potável em equipamentos instalados; minimização do

uso de água potável para o resfriamento de equipamentos médicos; não utilização de água potável para irrigação ou instalar paisagismo que não haja necessidade irrigação; redução do consumo em sistemas de resíduos alimentares; redução ou eliminação do uso de água potável em torres de resfriamento; redução da impermeabilização do terreno; e controle da qualidade da água de escoamento, além de deixar aberta a possibilidade de aumento da porcentagem da redução do consumo com estratégias comprovadas pelo empreendedor.

No que se refere às estratégias empregadas no estudo de caso, definido no terceiro objetivo, apenas o crédito referente à torre de resfriamento não foi utilizado pois não era aplicável ao projeto e o sistema de resíduos orgânicos por depender da futura administração do refeitório e restaurante.

No que se refere aos dados de previsão de consumo, os valores de dimensionamento são significativos, pois foi prevista uma população flutuante alta, resultando num consumo de  $900 \text{ m}^3$  por leito/dia. Entretanto, trata-se de um valor de projeto e influencia apenas no tamanho dos reservatórios que garantem autonomia de 14 dias de consumo, caso não haja precipitação. Em comparação aos grandes hospitais americanos, o hospital tem previsão de consumo 26,8% menor – 1229 litros por leito/dia – e ao Hospital Universitário, 54,3% – 1.969,3 litros por leito/dia. Todavia, quando trata-se de água potável fornecida pelo município, a redução cai para 100% em ambos comparativos, posto que será utilizado apenas água pluvial para o abastecimento.

## 5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

- Avaliação e monitoramento para melhorias da gestão hídrica da edificação em operação;
- Comparativo das premissas proposta pela certificação LEED com o real consumo de água da edificação em operação;
- Análise da gestão hídrica incluindo a água incorporada aos materiais no processo de produção;
- Avaliação da gestão hídrica de outros estabelecimentos de saúde, incluindo hospitais públicos.
- Avaliação ambiental do empreendimento com outras ferramentas;
- Acompanhamento da implementação LEED em outras disciplinas.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO TRABALHO

Notou-se que o mercado brasileiro está mais atento às questões ambientais e ao nicho crescente que busca validar seus empreendimentos sustentáveis, como também por quem busca soluções que promovam economia com os gastos mensais. Empresas voltadas à construção civil possuem atualmente linhas de produtos que atendem os requisitos mínimos de eficiência e até certificados pelo Green Building Council Brasil, facilitando a busca por fornecedores, além de incorporarem as boas práticas na cadeia produtiva.

Concluiu-se ainda que a engenharia hospitalar é uma área sem muita pesquisa e referencial bibliográfico no Brasil. Espera-se através de pesquisas e coleta de dados *in loco*, que se possa suprir uma lacuna na bibliografia especializada disponível para projetos em funções complexas, específicas para a área de saúde, correlacionando-os, principalmente, ao contexto sustentável.

Por fim, as ferramentas de avaliação ambiental são promotoras da cultura da sustentabilidade de modo geral. Ao se adotar um selo, toma-se o primeiro passo, entretanto, a edificação deverá ser sustentável não apenas em projeto, e sim nas atividades desenvolvidas e ao longo do seu ciclo de vida.



## REFERÊNCIAS

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos**: informe 2015. Brasília, DF, 2015.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, SUPERINTENDÊNCIA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E SOLO; FIESP, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; DMA, DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL; SINDUSCON-SP, SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo, 2005.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração - BIG**. Brasília, DF, 2016. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeB>>  
Acesso em: 1 jun. 2016.

AO, A. E. A. **Contribuições para o desenvolvimento de avaliação ambiental de edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Gestão Ambiental da Universidade Positivo, Curitiba, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. Brasília, DF: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) - Agência de Cooperação Técnica no Brasil, 1998.

BRASIL Ministério da saúde. **Racionalização do Uso de Energia Elétrica e Água**: Série a. normas e manuais. Brasília, DF, 2001.

BRASIL Ministério da Saúde. Secretária de Assistência à Saúde. Coordenação-Geral de Normas. **Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde**. Brasília, DF, 1994.

BRASIL Ministério da Saúde. Secretária de Assistência à Saúde. Coordenação-Geral de Normas. **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Instalações prediais ordinárias e especiais**. Brasília, DF, 1995.

BRASIL Portaria No 2.914/11 Ministério da Saúde. **Disposições sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_2011.html)>. Acesso em: 1 jun. 2016.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **BREEAM Offices rating system: Core, design procurement, and management operations assessment prediction checklists**. Garston: BRE, 2003.

CARVALHO, A. P. A. de. **Quem tem medo de Arquitetura Hospitalar?** Salvador, FAUFBA, 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Equipamentos economizadores**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

FOSSATI, M. et al. **A gestão do uso da água como critério para avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios no Brasil**. Florianópolis: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ENTAC, 2006.

GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA. **Summary of Green Star environmental rating system for buildings Green Star: Office design rating tool**. Austrália, 2005.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Leadership in Energy and Environmental Design**. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 02 out. 2015.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil:**

Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. [S.l.], 2002.

Disponível em:

<<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1ID=101SUMARIO=1602>>

Acesso em: 13 abr. 2016.

HOBAN, A.; WONG, T. H. F. **WSUD resilience to Climate**

**Change.** 1<sup>st</sup> *InternacionalHydropolisConference, PerthWA*, 2006.

HOWARD, N. **Environmental assessment methods in the UK.**

Santiago do Chile: reunião do GBC, 2001.

IDP. **Projeto Hospitalar.** Florianópolis, 2016.

ILHA, M. S. de O. **Gestão da água pluvial.** [S.l.], 2007. Disponível

em: <[http://www.cbcs.org.br/sushi/images/sura\\_pdf/semAcessoem](http://www.cbcs.org.br/sushi/images/sura_pdf/semAcessoem) :

13abr.2016.

INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND ENERGY

CONSERVATION. **Comprehensive Assessment System for**

**Built Environment Efficiency - CASBEE.** [S.l.], 2015. Disponível

em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>>. Acesso

em: 27 jan. 2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento.** [S.l.],

2016. Disponível em:

<<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2016/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 23 mai.

2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento - As**

**100 maiores cidades do Brasil.** [S.l.], 2016. Disponível em:

<<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2016/tabelas-100-cidades.pdf>>. Acesso em: 23 mai.

2016.

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE. **Living**

**Building Challenge 3.0.** [S.l.], 2014. Disponível em:

<<http://living-future.org/lbc>>. Acesso em: 20 out. 2015.

JAPAN SUSTAINABILITY BUILDING CONSORTIUM.

**Comprehensive Assessment System for Built Environment**

**Efficiency - CASBEE.** [S.l.], 2002.

KAHN DO BRASIL. **Projeto Hospitalar.** São Paulo, 2016.

LIBRELOTTO, L. I. et al. **A teoria do equilíbrio**: alternativas para a sustentabilidade. Florianópolis: DIOESC, 2012.

LOBO, A. V. R. **Ferramenta de avaliação de sustentabilidade ambiental em edificações hospitalares na região metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Mestrado) - Programa Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MORETTI, J. P. et al. **Transmissão de Calor e Meio Ambiente**: Torres de resfriamento e suas decorrências. [S.l.], 2006.

OLIVEIRA, L. H. de. **A gestão da água em edifícios mais sustentáveis**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2007. Disponível em:  
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2007/10/lucia.pdf>>.  
Acesso em: 7 mai. 2016.

ROGERS, P. et al. **Water is an economic good**: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. Water Policy 4, 2002.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**: Ambiente construído. Porto Alegre, 2002.

SEN, A. K. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Cia das Letras, 2000.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SILVA, V. G. da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil, 2003.

SILVA, V. G. da. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental em edifícios**: estado atual e discussão metodológica. São Paulo, 2007.

SUSTENTARQUI. **Certificação Living Building Challenge**. [S.l.], 2015. Disponível em:  
<<http://sustentarqui.com.br/dicas/living-building-challenge/>>.  
Acesso em: 13 nov. 2015.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. São Paulo, 1998.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. São Paulo, 2008.

U. S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Energy Characteristics and Energy Consumed in Large Hospital Buildings in the United States in 2007**. Washington, DC, 2012.

Disponível em:

<<https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2007/large-hospital.cfm>>. Acesso em: 01 jun.

2016.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Saving Water in Hospitals**. [S.l.], 2007. Disponível em:

<[https://www3.epa.gov/watersense/commercial/docs/factsheets/hospital\\_factsheets\\_15mai.2016](https://www3.epa.gov/watersense/commercial/docs/factsheets/hospital_factsheets_15mai.2016)>.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY. **Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. [S.l.], 2016. Disponível em:

<<http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED 2009 for Healthcare: New construction major renovation**. [S.l.], 2010.

Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/leed-healthcare.php>>. Acesso em: 02 out. 2015.

U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED green building rating system**. [S.l.], 2014. Disponível em:

<<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Biblioteca Universitária. **Trabalho acadêmico: guia fácil para diagramação: formato a5**. Florianópolis, 2009. Disponível em:

<<http://www.bu.ufsc.br/design/GuiaRapido2012.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2013.



**APÊNDICE A – Dados sobre o consumo de água no  
Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago**



Tabela 14: Dados sobre o consumo de água no Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago

	<b>Quantidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Janeiro/2016	11.081	186.445,66
Fevereiro/2016	11.894	208.599,58
Março/2016	12.104	216.794,63
Abril/2016	11.870	208.842,00
Maior/2016	14.789	261.530,28
<b>Média</b>	<b>12.347,6</b>	<b>216.442,43</b>

Fonte: Autor (2016)



**ANEXO A – Dados sobre o consumo de água em grandes  
hospitais americanos (EIA, 2012)**



**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
<b>Building Floorspace (Square Feet)</b>								
200,001 to 500,000 .....	1,494	36	180	24,406	120.8	4.95	78.0	118.5
500,001 to 1,000,000 .....	1,034	50	241	48,462	232.5	4.80	69.1	149.1
Over 1,000,000 .....	511	46	194	89,918	379.2	4.22	60.0	169.3
<b>Year Constructed</b>								
Before 1960 .....	328	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
1960 to 1969 .....	617	26	120	41,765	194.8	4.66	78.0	132.8
1970 to 1979 .....	698	30	135	42,711	193.5	4.53	65.9	139.3
1980 to 1989 .....	483	18	89	37,917	183.8	4.85	70.4	130.0
1990 to 1999 .....	553	21	101	38,099	183.0	4.80	63.2	184.8
2000 to 2007 .....	360	19	75	52,782	207.8	3.94	71.4	155.3
<b>Census Region</b>								
Northeast .....	793	24	154	30,347	194.1	6.40	55.5	115.0

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Midwest .....	575	30	117	52,768	202.9	3.85	76.0	152.4
South .....	1,170	55	250	46,681	213.2	4.57	68.1	165.3
West .....	500	23	94	46,881	188.8	4.03	72.7	133.2
<b>Climate Zone: 30-Year Average</b>								
Under 2,000 CDD and --								
More than 7,000 HDD .....	517	23	80	44,276	154.2	3.48	68.7	139.0
5,500-7,000 HDD .....	818	32	183	39,544	223.6	5.65	63.5	134.1
4,000-5,499 HDD .....	501	19	75	38,039	149.1	3.92	77.1	144.9
Fewer than 4,000 HDD .....	794	36	184	45,276	231.2	5.11	70.9	143.5
2,000 CDD or More and --								
Fewer than 4,000 HDD .....	410	22	94	54,419	229.0	4.21	61.5	175.0
<b>Number of Workers (main shi</b>								
100 to 249 .....	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
250 or More .....	2,928	130	604	44,265	206.1	4.66	67.3	145.1

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
<b>Energy End Uses (more than one may apply)</b>								
Buildings with Space Heating .	3,023	132	614	43,798	203.2	4.64	67.8	145.0
Buildings with Cooling .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Buildings with Water Heating ..	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Buildings with Cooking .....	2,889	125	575	43,314	199.2	4.60	68.1	147.3
Buildings with Manufacturing ..	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Buildings with Electricity Generation .....	2,872	124	575	43,258	200.1	4.62	67.2	145.0
<b>Heating Equipment (more than one may apply)</b>								
Furnaces .....	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Packaged Heating Units .....	1,129	51	211	45,070	187.2	4.15	66.5	142.0
Boilers .....	2,321	94	447	40,509	192.8	4.76	70.1	145.7
District Heat .....	685	38	176	54,808	256.6	4.68	58.9	134.9
Heat Pumps .....	843	33	143	38,826	169.5	4.37	66.5	143.2

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
All Large Hospitals* .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Individual Space Heaters .....	830	37	170	44,666	204.6	4.58	71.6	165.3
Other .....	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
<b>Cooling Equipment (more than one may apply)</b>								
Residential-Type Central								
Air Conditioners .....	516	22	100	42,387	194.7	4.59	75.9	170.9
Packaged Air Conditioning .....	1,625	72	303	44,468	186.3	4.19	70.8	141.8
Central Chillers .....	2,423	104	479	42,975	197.8	4.60	71.7	150.7
District Chilled Water .....	612	31	146	50,262	238.4	4.74	56.3	136.2
Heat Pumps .....	818	32	141	39,191	172.6	4.40	66.4	145.1
Individual Air Conditioners .....	955	35	156	36,173	163.8	4.53	64.4	130.5
Swamp Coolers .....	139	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Other .....	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
<b>Water Heating Equipment</b>								
Centralized System .....	1,849	82	382	44,470	206.6	4.65	70.3	153.2
Distributed System .....	171	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Combination of Centralized and Distributed System .....	1,020	45	203	44,243	198.9	4.50	65.3	134.8

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
<b>Refrigeration Equipment (more than one may apply)</b>								
Any Refrigeration.....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Commercial Refrigeration .....	2,989	131	610	43,939	204.2	4.65	67.9	146.1
Walk-In Units .....	2,965	131	608	44,212	205.1	4.64	68.1	147.1
Cases or Cabinets .....	2,780	124	561	44,496	201.8	4.53	67.8	145.0
Residential-Type Units .....	2,775	124	563	44,809	202.9	4.53	67.6	148.5
Vending Machines .....	2,943	130	605	44,191	205.7	4.65	67.9	146.8
Ice machines.....	2,835	126	589	44,490	207.9	4.67	69.2	147.3
Large cold storage area.....	495	26	134	51,823	271.5	5.24	62.9	155.4
<b>Special Activities or Equipment Contributing to Water Use</b>								
Sterilizers or Autoclaves.....	3,035	132	613	43,528	202.1	4.64	67.8	144.7
Commercial Ice Makers.....	2,835	126	589	44,490	207.9	4.67	69.2	147.3
Irrigation System.....	2,270	114	510	50,160	224.8	4.48	70.9	154.7

**Table H8. Water Consumption Information for Large Hospitals, 2007**

	Number of Large Hospital Buildings	Water						
		Total Consumption (billion gallons)	Total Expenditures (million dollars)	Consumption per Building (thousand gallons)	Expenditures per Building (thousand dollars)	Expenditures per thousand gallons (dollars)	Consumption per Square foot (gallons)	Consumption per Patient Bed (thousand gallons)
<b>All Large Hospitals*</b> .....	3,040	133	615	43,603	202.2	4.64	67.7	144.8
Activities with Large Amounts of								
Hot Water Required.....	2,680	121	555	45,058	207.2	4.60	68.9	155.9
Laundry in Building.....	526	30	106	57,245	202.5	3.54	85.5	204.2
<b>Sewer Use</b>								
Sewer Flow Metered.....	701	29	151	41,068	214.8	5.23	62.1	136.8

Notes: ● Figures in this table only include hospital buildings with over 200,000 square feet of floorspace. ● Due to rounding, data may not sum to totals.

Q=Data withheld because the Relative Standard Error (RSE) was greater than 50 percent, or fewer than 10 buildings were sampled.

N=No responding cases in sample.

Source: Energy Information Administration, Office of Energy Consumption and Efficiency Statistics, Form EIA-871A of the 2007 Commercial Buildings Energy Consumption Survey.