

Darlene Figueiredo Borges Coelho
Victor Hugo do Nascimento Cruz

EDIFÍCIOS INTELIGENTES: uma visão das tecnologias aplicadas



Blucher Open Access

Darlene Figueiredo Borges Coelho
Victor Hugo do Nascimento Cruz

Edifícios inteligentes:
uma visão das
tecnologias aplicadas

Blucher

Edifícios inteligentes: uma visão das tecnologias aplicadas

© 2017 Darlene Figueiredo Borges Coelho e Victor Hugo do Nascimento Cruz (organizadores)

Editora Edgard Blücher Ltda.

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil
Tel 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Coelho, Darlene Figueiredo Borges

Edifícios inteligentes : uma visão das tecnologias
aplicadas [livro eletrônico] / Darlene Figueiredo
Borges Coelho, Victor Hugo do Nascimento Cruz.
– São Paulo : Blucher, 2017.
136 p. ; PDF, il. color.

Bibliografia

ISBN 978-85-803-9221-0 (e-book)

ISBN 978-85-803-9220-3 (impresso)

1. Automação residencial 2. Edifícios inteligentes
3. Engenharia civil I. Título II. Cruz, Victor Hugo do
Nascimento

17-0078

CDD 690.80285

Índice para catálogo sistemático:
1. Engenharia civil – Automação residencial

Sobre os autores

Darlene Figueiredo Borges Coelho

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT, 1982), doutorado no Programa de Engenharia Civil, na área de Sistemas Computacionais para Engenharia, pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ, 1999), mestrado no Programa de Engenharia Civil (COPPE/UFRJ, 1996) e especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho pela União das Escolas Superiores de Rondônia (UNIRON, 2016). Atualmente, é professora associada IV da Universidade Federal de Rondônia (Unir), lecionando nos cursos de Engenharia Civil e da Ciência da Computação.

Victor Hugo do Nascimento Cruz

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR, 2016). Atualmente, cursa especialização a distância em Nanodegree Engenheiro de Machine Learning no Programa Nanodegree da Universidade Vale do Silício (UDACITY) e em Liderando el Desarrollo Sostenible de las Ciudades da EDX Org. do BID.

Conteúdo

Lista de figuras.....	7
Lista de quadros.....	11
Lista de abreviações e siglas	13
Apresentação.....	15
Capítulo 1 – Introdução	17
Capítulo 2 – Domótica.....	27
Capítulo 3 – Tecnologias envolvidas na domótica	37
Capítulo 4 – Sistemas de automação residencial.....	51
Capítulo 5 – Eficiência energética nas edificações.....	61
Capítulo 6 – Selos de certificação de construção sustentável	89
Capítulo 7 – Edifícios inteligentes pelo mundo	107
Capítulo 8 – Estado da arte de edifícios inteligentes.....	115
Capítulo 9 – Considerações finais.....	127
Referências	129

Lista de figuras

Figura 1 – Vários sistemas agindo de forma independente	21
Figura 2 – Sistemas agindo de forma integrada	22
Figura 3 – Semelhanças entre “ <i>green building</i> ” e “ <i>smart buildings</i> ”	25
Figura 4 – Domótica, seus componentes e sua relação com outras ciências	29
Figura 5 – Rede domótica	32
Figura 6 – Exemplo de uma rede ethernet.	35
Figura 7 – Plataforma de controle Zigbee.....	40
Figura 8 – Arquitetura Zigbee	41
Figura 9 – Arquitetura de rede Zigbee	43
Figura 10 – Topologia de redes Zigbee.....	43
Figura 11 – Tripé comunicação de dados.....	44
Figura 12 – EPMS	56
Figura 13 – Nível de iluminação necessário	66
Figura 14 – Carta Bioclimática de Olgay.....	70

Figura 15 – Estratégias de controle bioclimático.	71
Figura 16 – Carta Bioclimática adotada para o Brasil.....	72
Figura 17 – Diagrama psicrométrico.	73
Figura 18 – Diagrama de Givoni.....	74
Figura 19 – Legenda de zonas climáticas.....	75
Figura 20 – Método de projeto.....	77
Figura 21 – Os três pilares da sustentabilidade.	90
Figura 22 – Benefícios sobre os três pilares da sustentabilidade.	91
Figura 23 – Níveis de graduação Selo Caixa Azul.	95
Figura 24 – Níveis de classificação LEED.	96
Figura 25 – Selos internacionais x Selo SustentaX.....	98
Figura 26 – Perfil mínimo de desempenho para certificação.....	99
Figura 27 – Processo de certificação AQUA.....	100
Figura 28 – Países e regiões de atuação selo BREEAM.....	101
Figura 29 – Sede da Environmental Systems Inc.	108
Figura 30 – Torres Al-Bahr.	109
Figura 31 – Torres Al-Bahr, detalhe das fachadas.	109
Figura 32 – Nasa Sustainability Base.....	111
Figura 33 – Tecnologias do edifício NASA.....	112
Figura 34 – Edifício Eldorado Business Tower.	113
Figura 35 – Ventura Corporate Towers.....	114
Figura 36 – A casa inteligente.....	119

Figura 37 – Número de casas inteligentes Europa x América do Norte (Milhões de residências).	120
Figura 38 – Termostato Ecobee.....	121
Figura 39 – Fechadura inteligente Kwikset.	121
Figura 40 – Detector de fumaça Nest.....	122
Figura 41 – Controlador NuBryte.	123
Figura 42 – Fatia de mercado de BloT em 2014 e 2020.	124

Lista de quadros

Quadro 1 – Dispositivos de uma rede domótica	31
Quadro 2 – Principais certificações “ <i>Green Build</i> ”.	92

Lista de abreviações e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BAS	Sistemas de Automação Residencial – <i>Building Automation Systems</i>
BIoT	Edifício Internet das Coisas – <i>Building Internet of Things</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CBCS	Comitê Brasileiro da Construção Sustentável
CCTV	Circuito Fechado de Televisão – <i>Closed Circuit Television</i>
CO	Monóxido de Carbono
D2D	<i>Device to Device</i>
DDC	Controle Direto Digital – <i>Direct Digital Control</i>
DGNB	<i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPMS	Sistema de Controle de Energia Elétrica – <i>Electric Power Management System</i>
FMS	Sistema de Gerenciamento do Edifício – <i>Facility Management System</i>
HIS	Habitações de Interesse Social

HVAC	Aquecimento Ventilação e Ar-condicionado – <i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
IBI	Intelligent Building Instituiton
IoT	Internet das Coisas – <i>Internet of Things</i>
IP	Protocolo de Internet – <i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>International Organization fo Standardization</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NASA	Administração da Aeronáutica e Espaço – <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OIC	<i>Open Interconnect Consortium</i>
PC	Computador Pessoal
PLC	<i>Power Line Carrier</i>
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PTFE	Politetrafluoretileno
RFID	Identificação por Radio Frequência – <i>Radio Frequency Identification</i>
SUSHI	<i>Sustainable Social Housing Initiative</i>
TI	Tecnologia da Informação
TDM	<i>Time Divison Multiplexing</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VoIP	Voz por Protocolo de Internet – <i>Voice Internet Protocol</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
ZEBS	Edifícios de Energia Zero – <i>Zero Energy Buildings</i>

Apresentação

A Engenharia Civil está relacionada com a própria história da humanidade, ela é responsável por desenvolver e gerar inovações que auxiliam no modo de vida. Sendo assim, em plena era digital, a grande inovação que a engenharia pode proporcionar, é oferecer um novo conceito em construção de edifícios: Os Edifícios Inteligentes.

Esse conceito abrange diversas áreas de conhecimento, onde se pode relacionar a engenharia à informática, arquitetura, psicologia, tecnologia da informação entre inúmeras. Essa multidisciplinaridade só foi possível com a ampla disseminação de informações que se tornam cada vez mais acessível. Com a evolução dos meios de informação a partir dos anos 1970, a crescente popularização do computador pessoal (PC) possibilitou a manipulação de dados cada vez mais rapidamente. Assim, no início dos anos 80, com a evolução da informática aliada aos novos meios de utilização do espaço, surge o conceito de prédios inteligentes (PÁDUA, 2006, p. 23-24).

Os edifícios inteligentes são a vanguarda da tecnologia e engenharia, com propostas de construção que utilizam métodos sustentáveis. Hoje a sustentabilidade na construção civil passou de tendência para realidade em todo o mundo e não adotar estes conceitos é seguir na contramão do mercado.

Os edifícios inteligentes são uma solução em engenharia, dotados de alta tecnologia, com sistemas eletrônicos desempenhando as mais variadas funções, utilizando sistemas que busquem a sustentabilidade e traga mais qualidade de vida e comodidade aos seus usuários.

A presente obra consistiu de uma pesquisa de diferentes autores, nacionais e estrangeiros, embasadas em teses e dissertações publicadas por renomadas instituições de ensino. Tendo como propósito primordial mostrar a temática de edifícios inteligentes, apresentar as arquiteturas e as tecnologias usadas nos edifícios

inteligentes, demonstrar exemplos de construções no Brasil e no mundo, bem como apresentar o seu estado da arte.

Estrutura do livro

Este livro está dividido em nove capítulos:

O Capítulo 1 aborda os principais conceitos sobre Edifícios Inteligentes, seu histórico e a importância desse paradigma.

O Capítulo 2 apresenta o conceito de domótica, suas aplicações, e as redes domótica e eletrônicas.

O Capítulo 3 traz as principais Tecnologias envolvidas na Domótica, retratando as suas diversas técnicas e padrões de comunicação entre os dispositivos domóticos.

O Capítulo 4 expõe sobre os sistemas de automação residencial, que compreendem: aquecimento, ventilação e ar-condicionado; sistemas de controle de iluminação; sistemas de controle de energia elétrica; sistemas de controle de acesso; sistemas de vigilância; sistemas de diagnóstico, alarme e incêndio; sistemas de rede de voz e sistemas de antena distribuída; rede de dados; sistemas de gerenciamento do edifício; e sistemas audiovisuais.

O Capítulo 5 desenha um retrato sobre a eficiência energética nas edificações, ressaltando informações sobre: conforto ambiental, projeto e clima; projeto de arquitetura bioclimática, técnicas de projeto bioclimático e as legislações disponíveis.

O Capítulo 6 mostra os conceitos de sustentabilidade e as instituições e organizações que certificam os edifícios inteligentes, apresentando os diversos Selos de Certificação de Construção Sustentável.

O Capítulo 7 ilustra alguns exemplos de Edifícios Inteligentes com alta tecnologia no Brasil e no mundo.

O Capítulo 8 mostra o estado da arte dos edifícios inteligentes e novas tendências para onde essa tecnologia pode avançar. E no Capítulo 9 encontra-se a conclusão, onde é exposto as considerações finais.

*Darlene Figueiredo Borges Coelho
Victor Hugo do Nascimento Cruz*

Capítulo 1

Introdução

Desde o início da civilização, o desenvolvimento de habitações é algo intrínseco à sobrevivência humana. Cabe enfatizar que criar habitações mais seguras e confortáveis sempre foi uma necessidade e também um símbolo de status, as edificações expressam a engenhosidade humana. A engenharia sempre se mantém na vanguarda ao introduzir e desenvolver novos conceitos, um destes são os Edifícios Inteligentes, que agregam alta tecnologia (AULICINO, 2008, p. 2).

No século 20 houve uma rápida evolução nos edifícios, aonde os sistemas técnicos e a tecnologia vieram a ser implantadas de forma cada vez mais abrangente devido às necessidades geradas pelos grandes complexos empresariais e o crescimento de inúmeras atividades, diferentes e complementares no mesmo espaço. Pádua (2006, p. 24) diz: “Os edifícios tornaram-se o centro das atividades de negócios e de prestação de serviços, constituindo-se na base da vida urbana pós-moderna”.

Inicialmente reservada ao uso militar após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento da informática a partir dos anos 1960 e o aprimoramento dos meios de comunicação, aliado à globalização, possibilitou um avanço na comunicação de massa. A disseminação de ideias por todo o planeta faz com que a tecnologia de informação (TI) evolua e se popularize em ritmo acelerado. Com os novos ideais de aproveitamento do espaço de forma eficiente e racional, os novos modelos de construção buscam trazer inovações e conceitos para a indústria de construção civil, onde grande parte da TI aplicada no setor convergiu para a automação predial. Essa necessidade de prédios mais eficientes, consorciado com a popularização e barateamento de tecnologias que potencializem a funcionalidade, manutenção, segurança e a racionalização de recursos fazem com que essa área cresça e conquiste mercado. Anos atrás, a automação era restrita a complexas e custosas soluções voltadas a indústrias e prédios de alto luxo (NAKAMURA, 2010, s.p.).

Nos dias de hoje, outro fator de importância de se adotar nas construções é a sustentabilidade, pois os alertas emitidos por agências governamentais sobre os impactos causados pelo homem no ambiente se tornaram bastantes corriqueiros à medida que a população aumenta e as buscas por recursos cresçam acima do que se pode realmente aproveitar. A Agenda 21 foi um marco na forma de como a sociedade em geral decidiu mudar as ações relacionadas às cooperações sobre o estudo de soluções para os problemas socioambientais, tornando-se um instrumento de planejamento para uma comunidade sustentável, conciliando formas de proteger o meio ambiente, promover justiça social e tornar nossa economia eficiente. O objetivo da Agenda 21 foi pautado em discutir e entender os desafios da construção sustentável em países em desenvolvimento e formular diretrizes e estratégias de ação para que o setor da construção possa colaborar, podendo ser considerada como o mapa e o roteiro para a construção de uma sociedade sustentável (AULICINO, 2008, p. 2).

1 Histórico e conceitos

Segundo Sinopoli (2010, p. 1):

O conceito de Prédio Inteligente ou Smart Building originou-se no início dos anos 1980. Em 1984, por exemplo, um artigo do New York Times descrevia que os construtores estavam criando “uma nova geração de edifícios que pensa por si mesmo...chamados de prédios inteligentes”.

O termo “*intelligent buildings*” foi usado primeiramente em uma definição dada pelo Intelligent Building Institute (IBI) de Washington, DC, eles classificam essas construções como algo que pode integrar vários sistemas para administrar de forma eficiente os recursos de forma coordenada para maximizar: performance técnica, economia de custos operacionais e de investimentos além de possuir flexibilidade (DEREK e CLEMENTS-CROOME, 1997, p. 1-2).

No princípio dos anos sessenta veio a disseminação dos microprocessadores que alargou o âmbito de aplicação dos sistemas de controle, o que permitiu a automação e a supervisão de equipamentos modernos ganhar um uso mais ampliado (PÁDUA, 2006, p. 24). Os primeiros sistemas a receberem recursos automatizados foram os de ar-condicionado, ventilação e aquecimento (HVAC – heating, ventilating and air conditioning), no início dos anos 1970, com o desenvolvimento de novos chips que permitiram o controle de sensores localizados em pontos estratégicos, causando alterações e respostas mais dinâmicas às exigências dos ocupantes. Isso fez com que se impulsionasse a busca por dotar os edifícios de “inteligência” (SINOPOLI, 2010, p. 2).

No início dos anos 80 grandes incentivos para a tecnologia estavam ocorrendo nos Estados Unidos, pois se pode dizer que um dos fatores era incentivar a regulamentação da indústria americana de telecomunicações, que atuava sem regulação. Assim novas empresas, produtos, serviços e inovações adentraram nesse mercado (SINOPOLI, 2010, p. 2). Outro grande incentivo foi o desenvolvimento da indústria de microcomputadores e softwares. A popularização do Computador Pessoal (PC) acelerou os processos de automação e desenvolvimento de novas tecnologias de informação. A combinação desses fatores estabeleceu as primeiras experiências entre os construtores e a TI (Tecnologia da Informação), já que o mercado de telecomunicações apresentou uma oportunidade de negócios onde os construtores poderiam revender serviços sem necessidade de intermediários, o que poderia aumentar o valor de seus negócios. Esse modelo de negócios caracteriza-se como “venda casada”. Os empreiteiros buscavam instalar sistemas de uma empresa por todo edifício e depois vendiam os serviços de forma separada aos moradores, porém muito desses tipos de negócios foram descontinuados visto que ainda havia a falta de conhecimento técnico e habilidades em telecomunicações (SINOPOLI, 2010, p. 2).

Na década de 90 houve modestos avanços nas construções, incluem-se sistemas de cabeamento estruturado, sistemas audiovisuais, controladores de automação residencial com controle direto digital (DDC), espaço para equipamentos de redes, sistemas de controle de acesso e vídeo segurança, entre outros (SINOPOLI, 2010, p. 2).

Atualmente, o mercado de edifícios inteligentes vem ganhando força e cada vez mais empresas estão buscando espaço trazendo inovações, acessibilidade e oportunidades. Nakamura (2010, s.p.) diz que: “torna-se cada vez maior o número e a diversidade de consumidores de softwares para operação, controle e monitoramento dos edifícios”. Um edifício por definição geral é apenas uma construção composta de elementos destinado ao uso humano. Segundo Neves (2002, p. 8) “esses elementos só se tornam importantes quando geram, delimitam organizam, ordenam e animam o espaço arquitetônico”.

O conceito de *Smart Building* é relativamente atual e difundido de forma descentralizada. Segundo o Smart Building Institute (2015, s.p.) é definido que:

Um edifício concebido para ser inteligente deve aumentar sua performance e facilitar as operações de manutenção durante seu ciclo de vida. O objetivo primário dessa construção é minimizar os custos de longo prazo sobre o seu ciclo de vida para proprietários, ocupantes e o meio ambiente. Em um prédio de alta performance todos os componentes do edifício são integrados de forma a trabalharem juntos. Isso melhora a performance operacional, aumenta o conforto e satisfação dos ocupantes e provém aos usuários

da construção com sistemas, tecnologias e ferramentas para administrar e minimizar o consumo de energia.

Já Sinopoli (2010, p. 3) explica que:

Um Prédio Inteligente envolve a instalação e uso de sistemas avançados e integrados. Esses sistemas incluem automação residencial, segurança, telecomunicações, sistemas personalizados e sistemas de manutenção predial. Edifícios inteligentes são reconhecidos e refletem o avanço tecnológico e convergente dos sistemas residenciais, o elemento comum de um sistema e a funcionalidade adicional que o sistema provém. Esses edifícios exibem informações em tempo real sobre a construção ou o espaço, permitindo ao dono ou usuário administrá-lo.

Um edifício ou casa no geral, não é “inteligente”, o que se considera é o uso que se dá à habitação. Pode-se classificar como inteligência algumas características como: Segurança; Economia; Conforto; Ecologia e Integração (ALVES e MOTA, 2003, p. 9). E para Derek; Clements-Croome (2006, p. 3) “Edifícios Inteligentes devem ser sustentáveis, seguros, tecnologicamente cientes, conheça as necessidades de seus ocupantes e hábitos, devem ser flexíveis e adaptáveis para sofrerem atualizações”.

Pode-se concluir então que cada um destes fatores contribui para o bom desempenho da habitação, se aliados a capacidade de adequação de um edifício com tecnologia e sobretudo com as necessidades de seus ocupantes.

Alves e Mota (2003, p. 16-17) indicam que:

A diferença essencial entre um edifício inteligente, seja de habitação, indústria, comércio ou serviços, e um edifício que utiliza tecnologias tradicionais, está na forma como todas as funcionalidades se integram e complementam, fluindo a informação entre o sistema de segurança, os equipamentos de climatização, os electrodomésticos, o controlo de acesso, a rega automática, a rede informática, a rede telefónica, o sistema de difusão digital de áudio e vídeo, etc.

Os primeiros edifícios com recursos de automação não possuíam integração entre seus sistemas. Grande parte da integração de um edifício consiste em haver uma central de processamento, que facilite as operações diárias de manutenção e utilização dos ocupantes. Classificam-se assim os edifícios inteligentes como um agente integrador de sistemas. Em geral se incorporam sistemas de informação e comunicação na construção com controle automatizado, a monitoração e a

gestão de todos os subsistemas componentes devem ser de forma otimizada e integrada (ALVES e MOTA, 2003, p. 21).

É possível monitorar o edifício local ou remotamente, também controlar as operações e requisitar informações em tempo real sobre o funcionamento dos sistemas, além de emitir alertas e localizar algum incidente. Na Figura 1, observa-se o que ocorre em uma construção tradicional. Todos os sistemas são organizados de forma independente e não se comunicam.

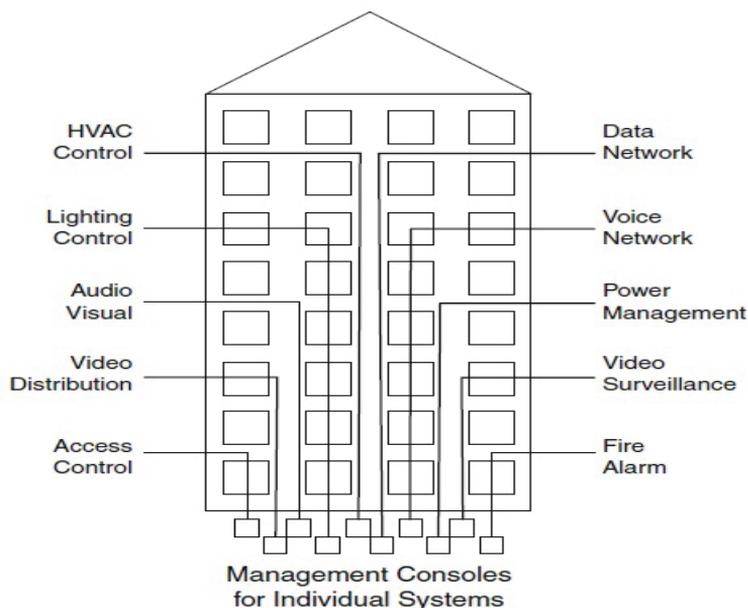


Figura 1 Vários sistemas agindo de forma independente.

Fonte: Sinopoli (2010, p. 3).

O modelo tradicional de projetar e construir um edifício consiste em projetar, instalar e operar cada sistema separadamente. Segundo Sinopoli (2010, p. 3):

Os edifícios inteligentes buscam abordar uma nova forma de se projetar. Essencialmente, um projetista projeta ou coordena o projeto de todos os sistemas tecnológicos da edificação em um único e consistente documento. Ele especifica cada sistema e identifica os elementos em comum ou agrupa os elementos de forma integrada. Isso inclui projeto de cabeamento, espaço para os cabos, sala de equipamento, banco de dados do sistema, e protocolo de comunicação entre os aparelhos.

Vê-se então que integrar sistemas e administrá-los de uma central se torna parte da forma como essas edificações são pensadas. Sinopoli (2010, p. 4) diz que “esse processo busca reduzir as falhas de projeto e de execução, poupando tempo e dinheiro”. Durante a utilização da construção, os sistemas são integrados horizontalmente assim como todos os subsistemas e também verticalmente, esses subsistemas podem ser relacionados a operações de manutenção ou negócios, o que permitem transmitir dados e informações por todo o edifício para ser utilizado por diversas pessoas que o habitam ou administram.

A Figura 2 ilustra essa situação, todos os sistemas planejados para a construção atuam de forma coordenada, assim uma única central pode monitorá-los ou qualquer pessoa com acesso de administrador em um terminal móvel (celular, computador, tablet, etc.)

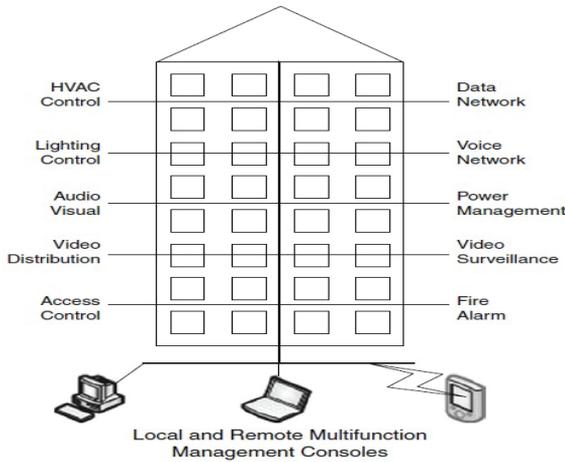


Figura 2 Sistemas agindo de forma integrada.

Fonte: Sinopoli (2010, p. 4).

Por outro lado, os edifícios inteligentes também são elementos críticos envolvidos na utilização de energia e na relação de sustentabilidade das construções com o meio ambiente. Sinopoli (2010, p. 5) indica que “os sistemas de HVAC, iluminação, controle de energia e ambiente são os principais pontos que determinam a eficiência operacional”. Portanto, o conceito de Smart Building indica que seus princípios são: economia, eficiência energética e tecnologia. Por estar na vanguarda da tecnologia, esse tipo de construção aproveita as melhores opções e se beneficia disso. Como benefício para incorporadores e investidores, um prédio inteligente aumenta o valor do negócio; já para administradores de edifícios, há mais eficiência em manusear os sistemas; e para Arquitetos, Engenheiros e Cons-

trutores, os prédios inteligentes oferecem múltiplas opções de projetos, sistemas construtivos, design e inovação. (SINOPOLI, 2010, p. 5)

A maior parte do conceito de edifício inteligente engloba a utilização de automação residencial, conhecido atualmente como domótica. Porém, como visto o conceito é mais amplo e se estende desde a concepção arquitetônica à relação com o meio ambiente. Assim fica definido que: um edifício inteligente pode ser definido como um conjunto de tecnologias que proporcionam aos seus usuários maior desempenho na utilização de seus recursos. Esse tipo de estrutura deve ser concebido com o princípio básico de economia de recursos. Todas as tecnologias integradas além de buscar satisfazer as necessidades dos ocupantes de maneira eficaz, deve promover economia de forma direta (despesas com água, luz, etc.) e indireta como manutenção. A sustentabilidade deve ser levada em consideração desde a fase de planejamento, visto que a seleção de materiais e métodos que melhor se adequam à situação são incentivados (RODRIGUES e PERENSIN, 2009, p. 2). Então, apenas utilizar recursos automatizados de alta tecnologia, não caracteriza um edifício inteligente. Messias (2007, p. 3) especifica que para uma construção possuir um sistema de controle central que pretende otimizar as operações de manutenção e administração se denomina Edifício Automatizado. Além de segurança, há disponibilidade de conforto ambiental (temperatura e umidade), conforto visual (diferentes tipos de iluminação), conforto acústico (som ambiente) e comunicações (instalações de redes, telefonia interna e externa).

Messias (2007, p. 3) classifica Edifício Automatizável como:

Um edifício Automatizável é o tipo de construção que visa ser projetada para receber tecnologias futuras. Desde a sua fundação, pode-se incluir no projeto pontos de controle e acesso para uma futura automação. Ideal para projetos com orçamento limitado, permite que se faça um estudo para se prever o ponto em que se compensa deixar estruturas para futura automação, de modo que com o passar do tempo, surgindo um segundo projeto mais elaborado, o edifício estará pronto para receber essa evolução. Um edifício automatizável então é uma espécie de planejamento para um edifício passível de ser automatizado.

2 Prédios verdes ou “green building”

Os edifícios inteligentes também podem ser caracterizados como “*Green Build*” quando se leva em conta o desempenho da construção utilizando o conceito de “edifício sustentável”, ou seja, a eficiência energética, arquitetura bioclimáti-

ca, uso racional da água, materiais sustentáveis, conforto no ambiente construído, processos e tecnologias construtivas sustentáveis, gestão de resíduos de obra e resíduos gerados na operação do edifício, responsabilidade social, entre outros (RODRIGUES e PERENSIN, 2009, p. 2)

Esse conceito busca interagir com uma série de aspectos tendo uma clara orientação ambiental, entre os quais se destacam (PÁDUA, 2006, p. 30):

- Locais de trabalho mais saudáveis, mais ergonômicos e com melhor qualidade;
- Uso de mobiliário mais adequado às tarefas a desempenhar e sem substâncias prejudiciais ao ambiente;
- Novas formas de climatização, com maiores recursos e técnicas passivas;
- Novas técnicas de iluminação, em que se procura aproveitar melhor a luz natural e usar lâmpadas e luminárias de eficiência elevada;
- Minimização do impacto dos edifícios na poluição ambiental que poderiam provocar.

A busca da sustentabilidade nas edificações é uma constante cada vez mais presente nas construções do mundo inteiro, no Brasil ela se mostra como um paradigma que se populariza cada vez mais. Todos os setores ligados ao setor de construção civil já demonstram interesse, que enxergam tanto os benefícios ecológicos quanto sociais e econômicos (RODRIGUES e PERENSIN, 2009, p. 2).

Quando um empreendimento é concebido para ser sustentável, o conceito de inteligência é aplicado desde a fase de projeto, este pensado de forma a reduzir o máximo possível os impactos causados ao ambiente. Considera-se toda a sua vida útil: construção, uso e operação, retrofit ou demolição. Há diversas tecnologias consolidadas visadas a esse resultado: aproveitamento de águas pluviais, tratamento de esgotos ou águas cinzas provenientes das torneiras e chuveiros, aquecimento solar, adoção de padrões ou conceitos de arquitetura adequados às condições climáticas locais, equipamentos condicionadores de ar de alto desempenho, sistemas de filtragem de ar, dentre outras soluções (RODRIGUES e PERENSIN, 2009, p. 2).

Podem-se integrar sistemas de alta tecnologia para edificações com o conceito de construção sustentável ou verde, pois eles possuem muito em comum. O “*green buildings*” tem como princípios economia e eficiência para com os recursos e a edificação. Os edifícios inteligentes, cujo núcleo é integrar sistemas tecnológicos prediais, tem como princípio a eficiência na construção e operação além de diversas funções para gerenciamento e ocupação.

A Figura 5 mostra as semelhanças entre prédios inteligentes e edifícios sustentáveis. No lado esquerdo estão listados os conceitos envolvendo o “*green building*” e no lado direito estão os relacionados com o “*smart building*” e o centro indica os conceitos de forma sincronizada.

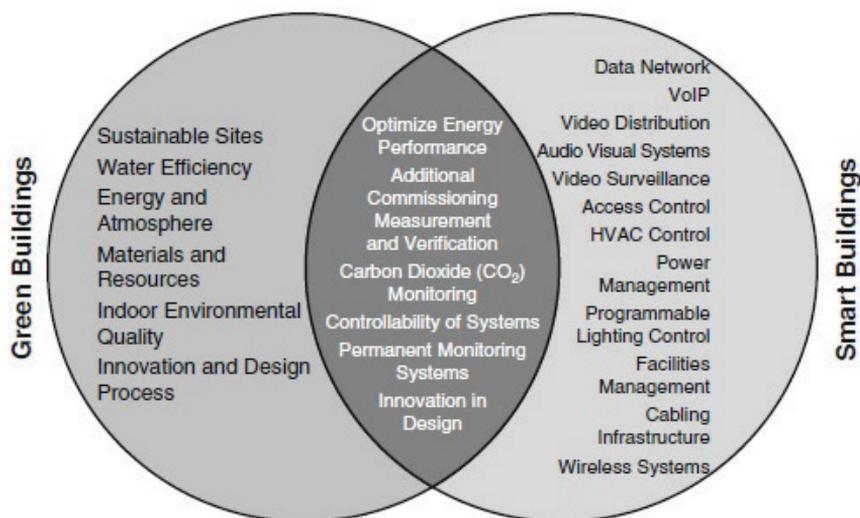


Figura 3 Semelhanças entre “green building” e “smart buildings”.

Fonte: Sinopoli (2010, p. 190)

Parte do que um “*smart building*”, como produto, pode entregar é o controle e economia no consumo de energia em comparação com um edifício convencional. Prédios verdes e inteligentes proporcionam benefícios na economia de energia. Edifícios inteligentes são partes edifícios verdes e afetam parte da certificação de um “*green building*” (SINOPOLI, 2010, p. 190). Na construção civil os termos sustentabilidade ou construção sustentável, são conceitos ainda novos, que implicam em novos paradigmas. Vale ressaltar que existe várias linhas de atuação, pesquisas e projetos sendo desenvolvidos nessa área, fazendo-se fundamental atender às questões socioambientais e a todas as abordagens das questões e tecnologias sustentáveis de uma construção, não perceber apenas uma abordagem parcial de um ou outro aspecto da sustentabilidade, mas acolher uma gama de soluções a serem implementadas para que se obtenha a certificação, pois senão não haverá garantia de que o edifício seja realmente sustentável (RODRIGUES e PERENSIN, 2009, p. 4).

Capítulo 2

Domótica

A Domótica, deriva das palavras Domus (casa) e Robótica (controle automatizado de algo), sendo assim a domótica pode ser definida como a ciência capaz de permitir o controle automatizado de uma residência, tornando-a por fim “inteligente” (ALVES e MOTA, 2003, p. 27).

Outra definição é dada por Messias (2007, p. 12):

A domótica é uma tecnologia recente que permite a gestão de todos os recursos habitacionais. O termo “Domótica” resulta da junção da palavra “Domus” (casa) com “Telemática” (telecomunicações + informática). São estes dois elementos que, quando utilizados em conjunto, rentabilizam o sistema, simplificando a vida diária das pessoas satisfazendo as suas necessidades de comunicação, de conforto e segurança [...].

Neves (2002, p. 36) classifica a domótica como:

A palavra Domótica se refere à ciência e aos elementos desenvolvidos por ela, que proporcionam algum nível de automação dentro da casa, desde um simples temporizador (time) para acender e apagar uma lâmpada em uma determinada hora, até os mais completos sistemas capazes de controlar qualquer elemento elétrico dentro da residência.

A domótica é conhecida como uma ciência moderna em engenharia de instalações para edifícios inteligentes e é uma tecnologia que engloba quatro fatores fundamentais: eficiência energética, segurança, comunicação e conforto. Então se torna necessário um conjunto de dispositivos, que são distribuídos na edificação conforme a necessidade de seus utilizadores. Basicamente, estes dispositivos

devem estar conectados entre si, sendo eles sensores, atuadores, controladores ou interfaces, podendo classificar esse sistema como rede de domótica (ABREU, 2013, p. 1).

Quando a domótica surgiu nos primeiros edifícios nos anos 80, essa tecnologia pretendia controlar a iluminação, condições climáticas do ambiente, segurança e a interligação desses elementos. Hoje a base continua a mesma, o que se mudou é o contexto para qual o sistema é pensado: não um contexto militar ou industrial, mas doméstico (MESSIAS, 2007, p. 12). Existem várias denominações que podem ser aplicadas, que são: automatização residencial, automação residencial, “*Home Control*”, “*Connected Home*” e assim por diante. É considerada como uma tecnologia relativamente moderna e em expansão; é inicialmente percebida pelo usuário como símbolo de status e modernidade, proporcionando-lhes um largo conforto, convivência e economia. (AURESIDE, 2000 apud Barros, 2010, p. 35).

De acordo com Barros (2010, p. 36):

A domótica facilita a vida dos que têm pouco tempo para cuidar da casa ou querem mesmo gozar um pouco mais do tempo de descanso, ou seja, permite que se tenha uma vida menos preocupada, pois automatiza as tarefas de uma casa. A domótica é já uma opção imprescindível com soluções muitos originais e que primam pela diversidade.

A domótica, por conta dessas facilidades, vem se expandindo ano a ano. Houve um aumento no número de empresas especializadas que adentraram o mercado. Esta expansão deve-se em grande parte ao desenvolvimento cada vez maior de novas tecnologias, sobretudo a evolução da computação móvel (ABREU, 2013, p. 4).

É necessário garantir sempre um estudo prévio do empreendimento, analisando-o para que ainda na fase de projeto até a fase de funcionamento, se implementem os sistemas necessários para garantir a satisfação dos ocupantes. Nas residências atuais, a domótica não é considerada tão somente como um “artigo de luxo”, e vista sim como uma infraestrutura importante para garantir a segurança, conforto e economia, de maneira integrada com os demais sistemas (ALVES e MOTA, 2003, p. 29-30).

Um bom começo para a implantação de um sistema de automatização é possuir um planejamento prévio, onde se tem conhecimento do que pode e vai ser instalado nos ambientes do edifício. Isso é essencial para evitar gastos desnecessários e aborrecimentos. Porém não sendo possível implantar tudo o que se deseja de uma vez, é necessário que se planeje a estrutura para futura instalação dos componentes (BOLZANI, 2004, p. 46).

Bolzani (2010, p. 17) ainda disserta sobre o conceito quando diz que:

A proposta de uma arquitetura de hardware e software tem como finalidade estabelecer critérios e métricas entre fabricantes e consumidores e fomentar o desenvolvimento das várias camadas de serviço que compõem uma residência inteligente: a integração de redes de controle; gerenciamento e análise de sensores e atuadores; interfaces; redes de comunicação; e todos os problemas que envolvem a imersão de pessoas em ambientes computacionalmente ativos. Esse último deflagra uma série de discussões e questões em várias disciplinas quando o comportamento humano é avaliado. Os esforços da Engenharia, Medicina, Ciência da Computação, Inteligência Artificial e Psicologia se somam em uma nova ciência denominada Domótica.

A Figura 4 ilustra o conceito de Bolzani, onde se pode notar a multiplicidade e complexidade de ciências que compõem a domótica. Observa-se, na Figura 4, que na parte inferior estão relacionadas as ciências multidisciplinares, na parte intermediária da figura expõe os conceitos e produtos criados por essa convergência e por fim a última camada relaciona os serviços que são disponibilizados para o usuário final.

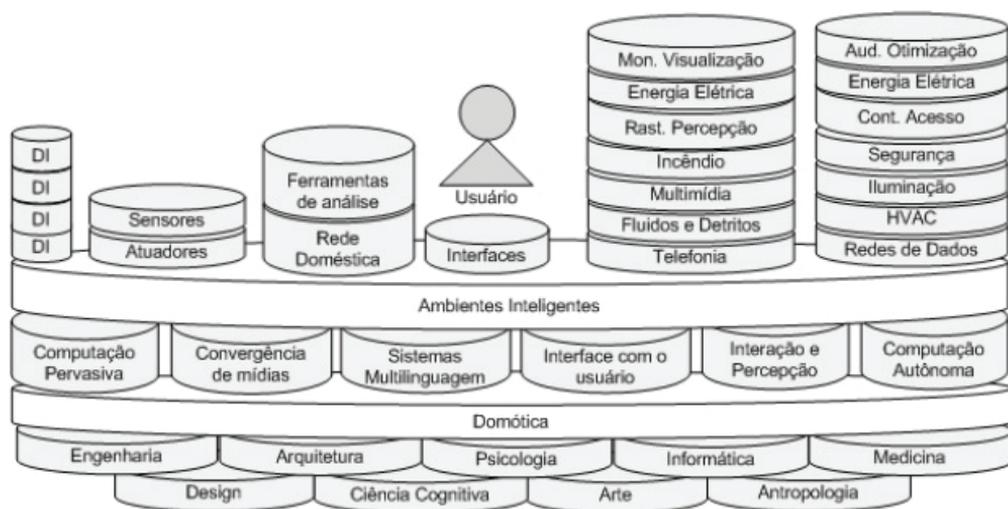


Figura 4 Domótica, seus componentes e sua relação com outras ciências.

Fonte: Bolzani (2010, p. 17)

2.1 Aplicações da domótica

A casa, prédio, edifício ou ambiente inteligente pode ser definido como um local onde a domótica é aplicada. Equipada com tecnologia de computação e informação que se antecipa e responde às necessidades dos seus utilizadores, para promover conforto, conveniência, segurança e lazer (Harper, 2003 apud Domingues 2013, p. 22). A principal característica de um ambiente inteligente é a capacidade de integrar os sistemas de uma habitação, além de facilitar a utilização pelos usuários.

As características evidentes dos equipamentos empregados na domótica distinguem-se por serem dispositivos compactos, relativamente baratos e otimizados para executarem funções específicas, sendo confiáveis, robustos e fáceis de serem utilizados. A tendência de miniaturização faz com que o cabeamento e circuitos sejam minimizados, facilitando a instalação e utilização pelo usuário, entretanto o principal complicador é a padronização de comunicação entre os dispositivos, a utilização de seus dispositivos eletrônicos que é denominada Computação Pervasiva ou Ubiqua, como também se tem outro termo mais atual que é o de Inteligência Ambiental. (BOLZANI, 2004, p. 25). Assim, esse tipo de utilização da computação promove uma interconexão de dispositivos inteligentes que podem ser integrados em uma rede de dados, ela deve oferecer uma interface amigável entre o dispositivo e usuário, de modo que o uso possa ser universalizado, tendo um sistema digital com manutenção e administração simples, como por exemplo, uma conta de usuário universal, e um sistema que possui a capacidade de entender e armazenar as necessidades particulares de cada indivíduo (BOLZANI, 2004, p. 25).

Um edifício agrega diversos ambientes inteligentes, e esses ambientes não precisam ser limitados pelo espaço físico que o cercam. Cômodos da casa como quartos, sala de estar, cozinha, banheiros e área de lazer, são por exemplo de ambientes que promovem a interação entre pessoas e podem receber muitos sensores e dispositivos. Sendo assim, é aconselhável, para maior performance da utilização dos usuários, dividir os espaços conforme a necessidade dos ocupantes, com setores diferenciados em relação a controle de sistemas e padronização dos sensores. Conclui-se que um ambiente inteligente é então um espaço virtual definido pelo propósito que se pretende desempenhar, sendo possível sobrepor uma hierarquia definida de ações e propósitos que são sempre direcionados à segurança e necessidade dos ocupantes (BOLZANI, 2004, p.30).

Em relação às necessidades habitacionais, há dois sistemas domóticos de características específicas: os sistemas de controle doméstico e os sistemas multimídia. (DOMINGUES, 2013, p. 39). Os sistemas de controle doméstico são os sistemas encontrados no gerenciamento de dispositivos eletroeletrônicos inseridos

na habitação, onde transdutores, equipamentos que transformam o efeito físico em sinal elétrico, atuam como sensores e fornecem informações para os controladores que automaticamente processam os dados e modificam a operação dos atuadores. Como exemplo desse tipo de sistema há os controles de temperatura, iluminação, gerenciamento de energia, segurança, etc. Já os sistemas multimídia são sistemas que gerenciam equipamentos de áudio, vídeo e telecomunicações, onde fazem o controle de envio, processamento e recebimento das informações (DOMINGUES, 2013, p. 39).

2.2 Rede domótica

As redes domóticas também recebem o nome de “*Home Area Networks*” (HAN). São definidas como um conjunto de dispositivos “inteligentes” que utilizam um protocolo de comunicação sobre um ou mais meios físicos para que o sistema funcione. Basicamente estes dispositivos são classificados em sensores, atuadores, controladores, interfaces e dispositivos específicos. (BARROS, 2010, p. 38). A seguir, o quadro 1 apresenta cada um destes dispositivos.

Quadro 1 Dispositivos de uma rede domótica.

Sensores	São dispositivos que coletam dados do campo, sejam variáveis utilizadas no controle (temperatura, velocidade, pressão, fugas de água, gás, etc.), sejam para coletar dados para histórico e controle (contagem de objetos, medições de tensão e corrente, etc.) estes dispositivos são classificados como dispositivos de entrada , pois a informação entra no sistema e é enviada para o computador a partir deles. São ideais para serem usados na garagem, cozinha, sala, dispensa, hall, corredores, escadas e áreas de serviço, controlando a iluminação casa não haja pessoas presentes, o que gera um potencial de economia de energia de até 60% (Canato, 2007 apud Barros, 2010). Este dispositivo detecta automaticamente a radiação infravermelha, emitida pelo corpo humano, para então entrar em ação.
Atuadores	São dispositivos de saída , já que a informação sai do sistema para o equipamento físico, para que este realize sua tarefa. Realizam o controle de elementos como eletroválvulas, motores (estores, portas, rega), ligar e desligar ou variar iluminação ou aquecimento, ventilação e ar-condicionado, sirene de alarme, enfim, o uso é versátil. Há variados tipos, magnéticos, hidráulicos, pneumático, elétricos ou de acionamento misto.
Controladores	Gerem a instalação e recebem a informação dos sensores transmitindo-a aos atuadores.
Dispositivos Específicos	Elementos necessários ao funcionamento do sistema como modems ou roteadores que permitem o envio de informação entre os diversos meios de transmissão onde viaja a mensagem.

Fonte: Barros (2010, p. 39)

A Figura 5 exemplifica uma Rede Domótica. Pode-se ver que os sensores e atuadores atuam de forma primária na rede, os sensores são ativados e enviam a informação ao atuador, que aciona os sistemas ativados (válvulas, motores, sistemas de iluminação, ar, etc.). A informação que é fornecida ao usuário através de microfones, telas de toque e displays têm como intermediário toda infraestrutura necessária que consiste de entradas e saídas por cabeamento ou rede sem fio, software operacional, cabeamento estruturado, etc.

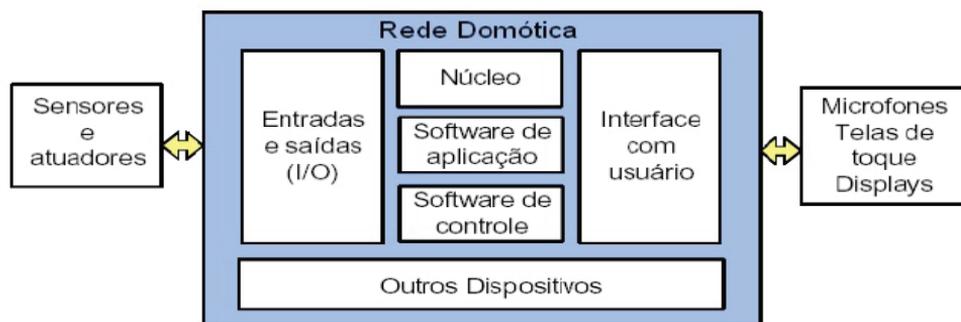


Figura 5 Rede domótica.

Fonte: Silva (2007) apud Barros (2010, p. 39)

A rede domótica é o elemento principal de todo o sistema domótico, é a responsável por realizar a comunicação entre os diferentes aparatos conectados à rede e é o pilar principal em que se baseia a domótica. As redes domóticas são, no geral, redes multifuncionais que realizam diferentes funções com objetivo de simplificar a complexidade da instalação da rede. Uma mesma rede pode assegurar as funções de segurança, conforto e gestão técnica, entre outros (MESSIAS, 2007, p. 18).

2.2.1 Tipos de automação residencial

Em relação ao nível de automação, os sistemas residenciais domóticos podem se dividir em três sistemas: autônomos, integrados e complexos. (SILVA, 2009 apud DOMINGUES, 2013, p. 39). Os sistemas autônomos possuem a característica de serem independentes, atuando apenas sobre um único dispositivo eletrônico, portanto não há interação entre demais dispositivos, basicamente sua ação é de liga/desliga. Sistemas integrados são compostos por diferentes sistemas, projetados individualmente, porém com funcionamento integrado entre eles, sendo sistemas controláveis, com inteligência central ou distribuída pela edificação. Os sistemas complexos são personalizados conforme a necessidade do usuário, o

sistema gerencia, ou seja, programa o ambiente definido. (SILVA 2009 apud DOMINGUES, 2013, p. 40)

A comunicação entre os diferentes aparatos conectados à rede é o pilar principal em que se baseia a domótica. As redes domóticas são, em via de regra, redes multifuncionais que realizam diferentes funções com objetivo de simplificar a complexidade da instalação da rede. Uma mesma rede pode assegurar as funções de segurança, conforto e gestão técnica, entre outros (MESSIAS, 2007, p. 18).

2.3 Redes eletrônicas

Com relação à sua dispersão geográfica, as redes eletrônicas se classificam em três tipos principais: LAN, MAN e WAN:

- a) LAN: denominado “*local area network*”, é uma rede de caráter local, onde estão ligados sistemas em uma área geográfica pequena, geralmente as redes dos edifícios inteligentes são em LAN. Uma LAN pode ser enquadrada em um escritório ou sede de empresa não dispersa geograficamente. As principais tecnologias que integram este tipo de rede são a Ethernet, Token Ring, ARCNET e FDDI (*fiber distributed data interface*) (NEVES, 2002, p. 50). As LANs podem ser de pequeno porte, unindo próximo a três computadores, mas frequentemente centenas de ligações de computadores são usadas nas LANs por milhares de pessoas. O desenvolvimento de protocolos padrão de interconexão de redes e de novas mídias resultou na expansão mundial das LANs nas organizações, no final dos anos 1980 (FEY e GAUER, 2014, p. 65).
- b) MAN: denominada “*metropolitan area network*”, esta rede tem caracter metropolitano, assim pode conectar computadores e utilizadores em uma área geográfica maior que a abrangida pelo LAN. Uma MAN é resultado da interligação de diversas redes LAN em uma cidade, tornando dessa forma uma rede de maior porte. É um termo inclusive usado para se referir à ligação de várias LAN’s por “*bridges*” (processo “*bridging*”), denominado assim como campus “*network*” (NEVES, 2002, p. 50).
- c) WAN: definida como “*wide area network*”, é uma rede dispersa por uma grande área geográfica, a WAN distingue-se das demais pelo seu porte e estrutura de telecomunicações. As WANs são geralmente de caráter público, por conta de sua dimensão, mas podem ser eventualmente privadas e alugadas. Duas ou mais redes locais separadas por uma grande distância também são consideradas WAN (NEVES, 2002, p. 50).

Uma rede de longa distância fica frequentemente situada em múltiplos lugares físicos. Interconexões de redes de grandes distâncias combinam múltiplas LANs que estão geograficamente separadas, isso é realizado conectando as diferentes LANs que usam serviços, por exemplo, linhas telefônicas arrendadas dedicadas, linhas

telefônicas discadas (síncronas e assíncronas), enlaces satélite, serviços de rede de pacotes de operadoras de telecomunicações (frame relay, MPLS e recentemente a internet). A interconexão de WANs pode ser tão simples quanto um modem e um servidor de acesso remoto para os usuários discarem para ele ou pode ser globalmente tão complexo quanto centenas de escritórios de filiais interligados, utilizando de protocolos de roteamento especiais e redes privadas virtuais (VPNs) para minimizar a despesa de envio de dados a longas distâncias (FEY e GAUER, 2014, p.66).

Desses padrões de redes, pode-se classificar alguns tipos de conexões que conseguem se estabelecer para a comunicação, entre os dispositivos tem-se:

- a) Internet: é a rede mundial de computadores (servidores) que ligam o usuário com agências governamentais, privadas, comércio eletrônico, pessoas, etc. Sendo assim, a internet é um sistema de redes interligadas que tem extensão em escala mundial e facilita os serviços de comunicação de dados, tais como: login remoto, transferência de arquivos, correio eletrônico, comércio eletrônico e World Wide Web. Com a crescente demanda por conectividades a internet se tornou uma rodovia expressa de comunicações para milhões de usuários. A internet foi restringida inicialmente para uso do exército e instituições acadêmicas, porém hoje é um canal desenvolvido para qualquer e todas as formas de informação e comércio. Sites web da internet agora proveem recursos pessoais, educacionais, políticos e econômicos em todo o canto do planeta. É importante destacar o conjunto de protocolos que é utilizado na internet, o TCP/IP. O TCP e o IP são os principais protocolos que permitem a troca de pacotes entre redes distintas. (FEY e GAUER, 2014, p. 66).
- b) Intranet: tecnologia baseada na internet para que o usuário possa acessar uma rede interna com a utilização de um navegador de rede. Com os avanços feitos em software baseado em browser para a internet, muitas organizações privadas estão implementando intranets. Uma intranet é disponível somente dentro da organização e para as grandes organizações, uma intranet provê um modo de fácil acesso à informação corporativa para os empregados (FEY e GAUER, 2014, p. 66).

2.4 Rede local padrão ethernet

embora uma rede LAN possa ser configurada de várias maneiras, a rede local padrão ethernet se tornou padrão de mercado. A Ethernet passou por evoluções constantes em termos de topologia, componentes, velocidades e mídia de transmissão e essas melhorias constantes auxiliaram para ela se tornar a rede predominante nas redes locais empresariais da atualidade. (FEY e GAUER, 2014, p. 42). As primeiras redes ethernet utilizavam uma mídia (cabo) comum compartilhada por todos os computadores que a consumiam. A mídia usada era o cabo coaxial,

o qual era instalado para formar a estrutura principal de comunicação da empresa, formando assim o denominado “*backbone*” da rede LAN.

Como demonstrado na Figura 6, os computadores em uma rede ethernet conectam-se a uma mídia comum que é um caminho que permite a informação fluir entre eles. A mídia mais comum era o cabo coaxial, sendo substituído pelo cabo de par trançado, porém a fibra óptica está cada vez mais sendo empregada nas redes. Uma única mídia (cabo) é chamada de segmento, computadores e outros dispositivos são conectados a estações, chamados de nós, os quais se conectam à mídia.



Figura 6 Exemplo de uma rede ethernet.

Fonte: (FEY e GAUER, 2014, p. 42)

A Fast Ethernet usa o protocolo LAN com taxa de transmissão 10 vezes maior que a Ethernet, em uma média de 100 Megabits por segundo. Para redes Ethernet que precisavam de velocidade de transmissão mais alta, o padrão Fast Ethernet (IEEE 802.3u) foi estabelecido, esse padrão eleva a velocidade máxima da internet de 10 megabits por segundo (10 Mbps) para 100 Mbps com mudanças mínimas no cabeamento existente. Há três tipos de Fast Ethernet: 100Base-TX para uso com cabo UTP de nível ou categoria 5, 100Base-FX para uso com fibra óptica e 100Base-T4 que utiliza dois fios extras para uso com cabo UTP de nível ou categoria 3. O padrão 100Base-TX se tornou o mais popular devido a sua compatibilidade próxima com o padrão Ethernet 10Base-T. O fato é que o padrão Fast Ethernet possibilitou uma melhoria na performance nas redes LAN (FEY e GAUER, 2014, p. 45).

O Gigabit Ethernet usa o serviço LAN que emprega o padrão desenvolvido pelo grupo de trabalho IEEE 802, operando em Gigabits por segundo e utiliza o método de detecção de colisões CSMA/CD. O padrão Giga Ethernet está se tornando o padrão comum em redes locais utilizando o cabo de par trançado (UTP) categoria 5e ou superior. Para o administrador da rede, a incorporação da Giga Ethernet em uma configuração existente envolve diversas tomadas de decisões,

pois os administradores precisam determinar o número de usuários em cada local na rede que precisa do processamento mais alto, decidir quais segmentos do “*backbone*” necessitam especificamente ser reconfigurados para 1000Base-T e então escolher o hardware necessário para conectar os segmentos 1000Base-T com os segmentos 100Base-T existentes. Essa é uma tecnologia vigente e oferece um caminho de migração além da fast ethernet. Ademias, a próxima geração de redes desse padrão suportará velocidades mais altas de transferência de dados. Atualmente existe uma proliferação e novos padrões ethernet: 10GbaseX, 40GbaseX, 100GbaseX (FEY e GAUER, 2014, p. 46).

Tecnologias envolvidas na domótica

Existe, recentemente, uma grande multiplicidade de tecnologia envolvendo edifícios inteligentes, porém há também uma vasta demanda para a integração da universalização do seu uso. Assim, é importante esclarecer que as soluções de um projeto de edifício inteligente podem fazer uso de diversos padrões tecnológicos, dependendo das necessidades e possibilidades.

3.1 Tecnologias e padrões de comunicação entre os dispositivos domóticos

A infraestrutura de uma rede domótica, utiliza programas, equipamentos pontuais e centrais para promover a comunicação entre a estrutura física e os dispositivos conectados. As tecnologias das redes domóticas estão divididas em quatro padrões principais: PLC, BUSLINE, *wireless* e Cabeamento Estruturado, esses três primeiros sistemas possuem a vantagem de não interferir muito na instalação elétrica já existente e graças à sua facilidade de aplicação são indicados para estruturas já existentes e pequenas reformas. Para o caso de uma nova construção com o uso de centrais de automação, os sistemas de cabeamento estruturado são os mais indicados (DOMINGUES, 2013, p. 38).

A existência de variados protocolos de comunicação que não são compatíveis é um dos fatores que dificultam o crescimento e evolução da domótica, pois todos os desenvolvimentos são feitos em produtos diferentes e dessa forma a escolha pela parte do cliente torna-se mais complicada e confusa, o que limita o mercado. Outro problema existente é o da dificuldade em instalar e configurar um sistema, tendo esta ação que ser efetuada por um técnico especializado, o que torna uma barreira ao cliente que queira configurar sua própria casa (SANTOS, 2009, p.4).

Os diferentes padrões (“*standards*”) estão distribuídos de forma irregular pelo mundo. os Standards X10, Insteon, Lontalk, CEBus e Smart House estão localizados principalmente na América do Norte, o KNX têm maior influência na Europa e o HBS é a tecnologia mais bem sucedida no Japão (SANTOS, 2009, p. 5).

3.1.1 Sistema PLC

Os sistemas PLC (Power Line Communication) se baseiam na utilização da própria rede elétrica existente das habitações para fazer a transmissão dos comandos dos aparelhos eletrodomésticos e controlar os pontos de potência, não necessita de novo cabeamento. As principais tecnologias desenvolvidas são: X-10, Lonworks, Powerline, CEBus, Homeplug e Insteon (DOMINGUES, 2013, p. 39).

O protocolo X10 surgiu nos anos 1970 e é o protocolo mais conhecido, sendo utilizado atualmente por entusiastas por conta de seu baixo custo e fácil manuseio. É bastante criticado pelo seu meio físico, que gera situações de erro frequentes, por conta de sua simplicidade, não sendo assim muito confiável. Por utilizar a rede elétrica para transmissão de dados, o envio de um simples comando de ligar uma luz pode durar um segundo, o que faz do sistema relativamente ineficaz, exigindo por vezes pressionar várias vezes o interruptor para que funcione, pois, os erros são frequentes e o comando não é reconhecido no destino (SANTOS, 2009, p.6).

O Insteon é equivalente a uma versão ao X10 mais atual, de tecnologia proprietária da empresa Smart Homes. Também funciona sobre a rede elétrica, porém em um formato digital que utiliza uma modulação para a transmissão física dos dados FM com verificação de erros dos comandos, o que permite comunicações confiáveis, em contraste ao X10. É compatível com equipamentos X10 e apenas em 2008 começou a funcionar na Europa, já que até essa data todos os equipamentos funcionavam com 110V (SANTOS, 2009, p.6).

O Lonworks é um padrão de comunicação aberto com grande influência na América do Norte. É um sistema distribuído que pode utilizar diversos tipos de meios físicos, sendo que os equipamentos são programados recorrendo a uma linguagem própria chamada NeuronC, e o protocolo de comunicação é o LonTalk. Utiliza uma tecnologia proprietária chamada LNS (Lonworks Network System) (SANTOS, 2009, p. 7).

3.1.2 Sistema BUSLINE

Os sistemas BUSLINE usam uma arquitetura de comunicação baseada em um barramento composto por um cabo de par trançado de 24 volts, em paralelo

aos cabos da rede elétrica e compartilham a mesma infraestrutura física, o que reduz custos de material e mão de obra. Os cabeamentos telefônicos convencionais também podem ser utilizados no compartilhamento desses sinais como meios de transmissão, principalmente áudio e vídeo, assim é possível a interconexão entre todos os módulos ligados ao barramento. Isso faz com que o sistema fique mais confiável, onde há a possibilidade de configuração independente de falta de energia na linha principal. As principais tecnologias são: BatiBus, EIB, EHS e KNX (DOMINGUES, 2013, p. 41).

O padrão KNX foi criado pela KNX association, é o padrão de maior sucesso na Europa e cada vez mais se populariza pelo mundo, devido à sua eficácia, embora seus componentes possuam um preço bastante elevado. É um padrão que foca a gestão elétrica das instalações elétricas, gestão de recursos e o controle e segurança do ambiente. É originado da fusão de três grandes grupos europeus (EIB, HS e Batibus) que previamente eram padrões de comunicação independentes. O KNX herda a maior parte das suas características do EIB (European Installation Bus), o EIB era o barramento mais utilizado. Foi desenvolvido pela *European International Business Academy* (EIBA) e sua principal característica é a da inexistência de um nó central a controlar as comunicações. É um conjunto descentralizado de sensores a atuadores em que cada um toma as suas decisões e é responsável pela alimentação e comunicação dos equipamentos, considerado uma solução eficaz, porém de preço elevado. Já o HS era financiado e mantido por instituições públicas europeias. É um padrão aberto que suporta diferentes tipos de barramentos. E por fim, o Batibus, que era orientado ao controle técnico e de segurança dos edifícios, utiliza um barramento em par trançado e suporta diversas arquiteturas (SANTOS, 2009, p.24).

3.1.3 Sistema wireless

Os sistemas *wireless* ou também chamados de “sem fio” são tecnologias totalmente baseadas em radiofrequência e sinais infravermelhos, são sistemas bastante populares e muitos fabricantes estão aderindo a esta tendência. A desvantagem consiste na falta de confiabilidade em função das interferências e quebras de sigilo devido a acessos indevidos, o que pode acarretar inclusive em mudanças de comandos. As principais tecnologias utilizadas são: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee e Z-wave (DOMINGUES, 2013, p. 43).

O Zigbee foi criado em 2006, é implementado sobre o IEE802.15.4, utilizando as duas camadas mais inferiores (física e de controle de acesso ao meio), conforme ilustra a Figura 7.

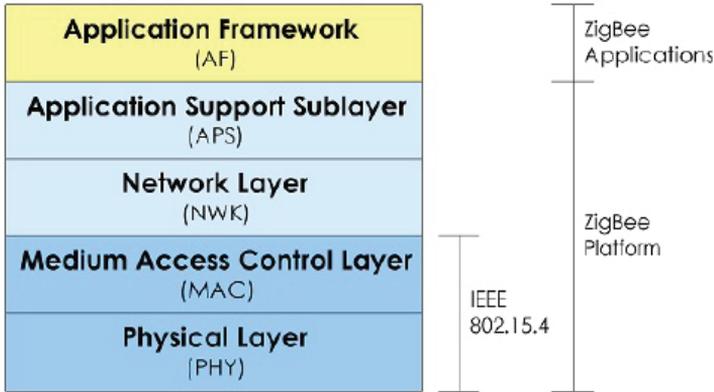


Figura 7 Plataforma de controle Zigbee.

Fonte: (SANTOS, 2009, p.32)

O IEEE802.15.4 é um protocolo de redes sem fios, criado em maio de 2004, é utilizado em sensores, atuadores e monitorização remota e dispositivos eletrônicos portáteis. Esse protocolo diferencia-se do mais usual, 802.11 (padrão de conexão *wireless*) por se concentrar em baixas taxas de transmissão e consumo energético. As características de gestão de energia permitem que dispositivos que funcionam com baterias operem por vários meses e até anos. Há principalmente dois tipos de dispositivos definidos no padrão: dispositivos de função completa (FFD) e dispositivos de função reduzida (RFD). O FFD pode servir como coordenador de uma rede de área pessoal, assim como um nó comum, implementa um modelo de comunicação que permite comunicar com qualquer outro dispositivo, também pode se responsabilizar por reencaminhar outras mensagens, sendo visto como um coordenador ou hub, considerado um coordenador PAN se estiver responsável por toda a rede. Já os RFD são pensados para serem simples, com recursos e comunicações reduzidos para economia de bateria, sendo que só podem se comunicar com os FFD e nunca agir como coordenadores da rede (SANTOS, 2009, p.31).

A especificação desta tecnologia é gerida por um consórcio de empresas denominado Zigbee Alliance, que conta com mais de 150 membros. É pensada para utilização em aplicações com baixos requisitos para transmissão de dados e equipamentos com fontes de energia limitadas, sendo os dispositivos Zigbee ideais para aplicações de baixo consumo, como é a domótica. Este protocolo utiliza perfis que definem tipos de dispositivos e todos os componentes de um sistema que estejam com o perfil, possuem as mesmas definições. Desta forma é possível encurtar o tamanho do cabeamento e melhorar a dinâmica das comunicações.

O primeiro perfil criado pela Zigbee Alliance foi o “home automation” que define os dispositivos necessários para criar um sistema domótico (SANTOS, 2009, p.25).

Um dos principais mercados de aplicação para o Zigbee inclui o controle e automação da temperatura e luminosidade, monitorar o edifício e executar tarefas de vigilância com o mínimo de interação humana. O Zigbee é uma tecnologia pensada especificamente para a automação residencial. Sua arquitetura protocolar tem origem no modelo OSI (*Open Systems Interconnect*), como demonstrado na Figura 8:

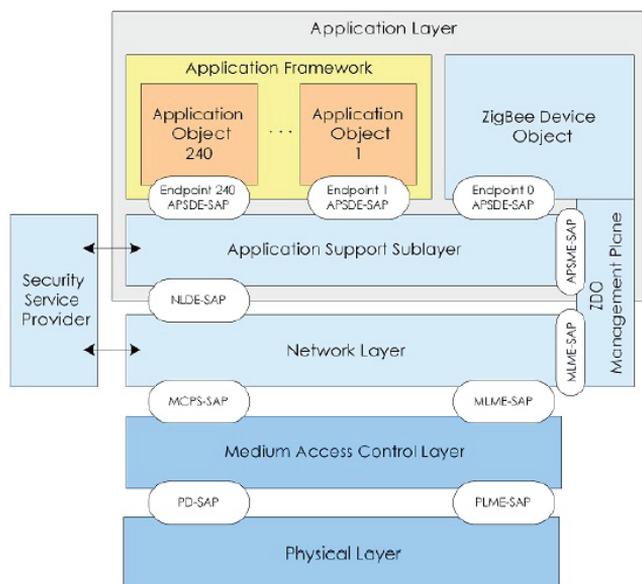


Figura 8 Arquitetura Zigbee.

Fonte: (SANTOS, 2009, p.33)

As duas camadas inferiores (Figura 8) são definidas pelo protocolo de comunicação IEEE 802.15.4 e as duas camadas restantes, pela Zigbee Alliance:

- Camada Física (*Physical Layer*):** é a camada mais baixa e disponibiliza duas alternativas para a implementação, que operam em duas frequências separadas: 868/915 MHz e 2,4 GHz.
- Camada de acesso ao meio (*Medium Access Control Layer*):** tem como função controlar o acesso ao meio físico de transmissão, que utiliza o mecanismo CSMA/CA (*Carrier Sense Medium Access/ Collision Avoidance*) que é responsável pela redução da ocorrência de colisões. Essa camada fornece o suporte para sincronização da rede e transmissão de dados mais confiáveis.

- c) Camada de Rede (*Network Layer*): essa camada é responsável pela troca de dados entre a camada de aplicação e a camada de acesso ao meio. Tem como função a tarefa de associar e desassociar dispositivos em uma rede, aplicar protocolos de segurança, iniciar redes e atribuir endereços nos coordenadores. Esses serviços são fornecidos por duas interfaces: o *Network Layer Managementet Entity Service Access Point* (NLME-SAP) e o *Network Layer Data Entity Service Access Point* (NLMDE-SAP)
- d) Camada de Aplicação: (*Application Layer*): é a camada superior, é composta pela *application support layer* (APS), *Zigbee Device Object* (ZDO) e pelos *Application Objects* definidos em cada dispositivo:
- d.1) *application support layer*: tem como função implementar mecanismos de segurança e para ser utilizada pelos *application objects* e os ZDO para envio de dados.
 - d.2) *Zigbee Device Object*: fornece a interface para os *application objects* descobrirem outros dispositivos e os seus serviços. Também possui a responsabilidade de responder perguntas que forem feitas sobre os serviços do dispositivo. É um *application object* especial, implementado no endpoint 0.
 - d.3) *Application Objects*: são as aplicações desenvolvidas pelos programadores que estão no topo da pilha de protocolo. Estes aderem a um dado perfil aprovado pela Zigbee Alliance e residem em Endpoints numerados de 1 a 240. Os Endpoints, em conjunto com o endereço do dispositivo, fornecem um jeito uniforme de endereçar *application objects* em uma rede Zigbee.

A Zigbee Alliance fornece alguns perfis que permitem a criação de uma estrutura para que aplicações relacionadas possam trabalhar em conjunto. Portanto, os dispositivos de diferentes fabricantes podem se comunicar, desde que tenham o mesmo perfil. Um destes perfis é o *Home Control, Lighting Profile*. É um perfil feito primariamente para o monitoramento e controle de níveis de luz no ambiente, neste perfil são definidos diferentes tipos de dispositivos, como por exemplo: sensores de luz monocromático, interruptor por controle remoto, interruptor controlador de carga, etc. (SANTOS, 2009, p.35)

Uma rede Zigbee é chamada de Rede de Área Pessoal (PAN) e é constituída de um coordenador, um ou mais dispositivos (*End Devices*) e opcionalmente um ou mais roteadores. O coordenador é um dispositivo de função completa (FFD) e faz com que toda a rede Zigbee funcione. Ao iniciar o sistema o coordenador cria uma rede com um dado identificador PAN à qual os dispositivos podem se juntar. Os *End Devices* são basicamente dispositivos de funcionalidade reduzida (RFD) para que haja uma implementação mais barata possível. Já os roteadores servem como extensores do sinal. Se um dispositivo quer se conectar fora do alcance do coordenador, um roteador que esteja dentro desse alcance serve de coordenador local e co-

necta o dispositivo à rede, transmitindo essa informação ao coordenador principal. Sendo assim, os roteadores também são FFDs. A Figura 9 ilustra a uma rede Zigbee.

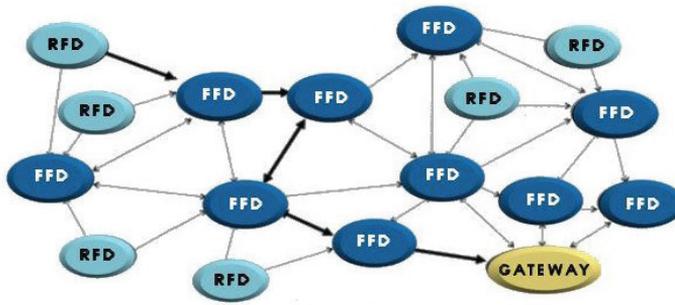


Figura 9 Arquitetura de rede Zigbee.

Fonte: (SANTOS, 2009, p.36)

A Figura 9 demonstra uma rede em malha onde um sinal que é originado em um RFD é transmitido aos FFDs que o retransmitem até o Gateway. Os nós de uma rede Zigbee podem ser colocados de três formas de topologias de rede: estrela, árvore e malha, conforme demonstrado na Figura 10:

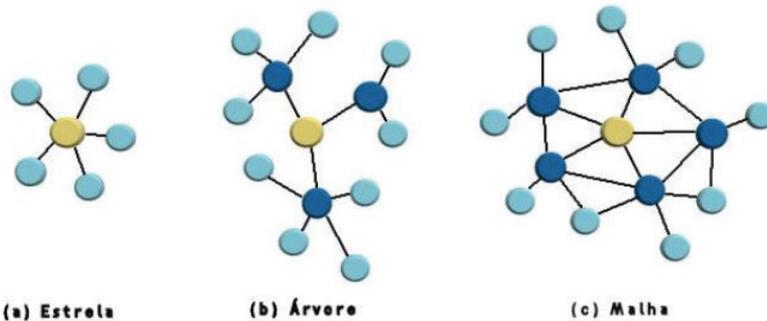


Figura 10 Topologia de redes Zigbee.

Fonte: (SANTOS, 2009, p.36)

Na topologia em estrela, uma rede basicamente possui um coordenador e os dispositivos se conectam a ele. Já na topologia em árvore, os caminhos estão organizados de forma que haja apenas um caminho entre os dispositivos, os *end devices* se comunicam diretamente com o coordenador ou com apenas um roteador. E na topologia em malha, os *end devices* comunicam diretamente com um roteador ou coordenador, mas nesta topologia há diferentes caminhos entre os roteadores.

3.1.4 Sistema de cabeamento estruturado

Um sistema de cabeamento estruturado permite a interconexão entre computadores, equipamentos eletrônicos e de telecomunicações em um edifício, tendo como base a flexibilidade. Esse sistema permite a instalação de uma rede padronizada, assim qualquer serviço pode funcionar bastando apenas mudar o equipamento de tomadas. A vantagem sobre os sistemas *wireless* está na possibilidade de se contar com um sistema de alta confiabilidade e custo baixo e ainda possibilita o uso de grandes velocidades de transmissão de dados, principalmente áudio e vídeo (DOMINGUES, 2013, p. 46).

A primeira impressão que necessita esclarecimento é que o Cabeamento Estruturado é um processo de engenharia mais relacionado com construção civil, como as instalações elétricas, do que com a área de TIC (Tecnologia de Informação e Comunicação.). Apesar de não estar claro nas escolas técnicas ou de engenharia que isso é um atributo desses profissionais em formação, é importante que definitivamente eletrotécnicos e engenheiros eletricitistas tomem para si esse sistema. O Cabeamento Estruturado não é um conceito relativamente novo, porém não possui a história das instalações elétricas. Seu ciclo de modernização é dinâmico, pois está atrelado ao desenvolvimento das redes de dados, principal serviço utilizado nesse sistema, portanto ao crescimento das redes de comunicação, internet. Os cabos de pares trançados de cobre usados nos sistemas de cabeamento estruturado saltaram de 16 MHz de largura de banda (Categoria 3) para 500 MHz (Categoria 6A) ou mais para suportarem redes de dados que cresceram de 10 Mbps para impressionantes 10 Gbps. (FURUKAWA, 2012, p.1)

Outra característica importante que deve ser observada é a importância do cabeamento para o transporte de elementos de comunicação, sejam eles voz, internet, vídeo e outros. A comunicação de dados depende de um tripé para ocorrer, conforme Figura 11:

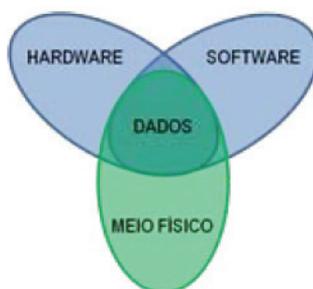


Figura 11 Tripé comunicação de dados.

Fonte: (FURUKAWA, 2012, p.2)

Segundo a Figura 11, os profissionais que trabalham na área de comunicação não podem esquecer que a mesma política de qualidade, confiabilidade, contingência entre outros devem ser aplicados ao tripé da comunicação de dados: Hardware (equipamentos), Software (programas operacionais) e Meio físico (Cabeamento), pois qualquer parte que esteja imperfeito fará com que a plataforma entre em desequilíbrio, o que prejudica o transporte de informações. (FURUKAWA, 2012, p.2).

As redes residenciais tradicionais e a infraestrutura que a acompanha trazem uma série de dificuldades para o nível de serviço que o usuário espera hoje em dia, por exemplo, há pouca largura de banda devido a pouca fiação e de categoria inferior, dutos de cabeamento com diâmetros pequenos que inviabilizam as tentativas de melhoria, conectar computadores, videogames, sistemas de segurança e demais dispositivos ao mesmo tempo à internet fica impossível ou há uma queda drástica da qualidade de velocidade. (SCARPIN, 2010, s.p.)

O Cabeamento Estruturado ao longo de sua evolução mostrou-se apto a transportar mais sinais de comunicação além dos triviais voz e dados, hoje grande parte dos sistemas de automação, controle e segurança podem usar esse sistema para fazer suas conexões físicas. Os motivos, segundo (FURUKAWA, 2012, p.2) são:

- a) Padronização: o cabeamento estruturado é bem padronizado e suportado por normas desde 1990 e os profissionais envolvidos conhecem valores, termos e limites corriqueiramente. Isso fez com que as instalações crescessem com bom grau de qualidade, capacidade e equivalência.
- b) Superdimensionamento: um dos principais desafios do Cabeamento Estruturado é longevidade. Nesse caso, longevidade não significa durar muito tempo, mas sim acomodar durante toda sua vida útil novas aplicações, velocidades de redes, etc. O que à primeira vista parece ser superdimensionamento no momento da instalação, mostra-se adequado ao uso futuro, protegendo o investimento e minimizando gastos com mudanças.
- c) Paralelamente a esses dois fatores que impulsionaram a convergência em nível físico (diferentes protocolos, codificações e tipos de transmissão analógicos e digitais no mesmo tipo de cabo) ocorre outro fenômeno que promove a convergência em nível lógico e assim acelera o uso de múltiplos serviços sobre o Cabeamento Estruturado. É conhecido como “tudo sobre IP” e é tão acelerado quanto à evolução da internet. Telefones e câmeras IP hoje são muito comuns e os sistemas de automação como sensores e controladores evoluem no mesmo sentido. Para o Cabeamento Estruturado que desde sempre executa conexões Ethernet e IP (embora ambas se confundem apesar de estarem em camadas OSI diferentes), essa mudança é transparente. (FURUKAWA, 2012, p.2)

Assim, o cabeamento estruturado é uma infraestrutura de telecomunicações de um edifício ou complexo que consiste de um número de pequenos elementos padronizados, chamados subsistemas. A função é estabelecer uma instalação padronizada, com vida útil em média de dez anos e possibilidade de adaptação a alterações de layout, sem necessidade de novas instalações de cabeamento. As instalações de cabeamento estruturado levam em conta a economia de investimento, pelo menos em médio prazo. Os subsistemas de cabeamento estruturado são divididos da seguinte forma: (FEY e GAUER, 2014, p.20)

- a) Entrada de Facilidades (*Entrance Facilities*): é o local físico no prédio que interfaceia com o mundo externo.
- b) Sala de Equipamentos (*Equipment Room*): hospeda os equipamentos de telecomunicações que serve todos os usuários dentro do prédio.
- c) Cabeamento Vertical (*Backbone ou Backbone Cabling*): conecta os subsistemas de Entrada de Facilidades, Sala de Equipamentos, e Salas de Telecomunicações entre si.
- d) Salas de Telecomunicações (*Telecommunications Rooms*): hospedam os equipamentos de telecomunicações que interligam o subsistema do Cabeamento vertical (*Backbone*) com o subsistema de cabeamento Horizontal. Nelas também estão alocados equipamentos de interconexão que se interligam ao cabeamento horizontal. Também chamado de Armários de Telecomunicações.
- e) Cabeamento Horizontal (*Horizontal Cabling*): conecta as salas de telecomunicações a uma tomada de telecomunicação individual em uma área de trabalho num andar do edifício.
- f) Área de Trabalho (*Work Area Components*): conecta os equipamentos do usuário final até as tomadas do sistema de cabeamento horizontal.

O subsistema denominado **Administração** foi adicionado recentemente, sendo ele responsável pela documentação e identificação do cabeamento estruturado, totalizando assim, sete subsistemas. O cabeamento estruturado é importante se o objetivo é uma rede trabalhando adequadamente com o mínimo de problemas e perda de largura de banda. Existem regras que nunca devem ser quebradas quando se está projetando uma rede de computadores, de outra maneira haverá problemas quando se iniciar o processo de comunicação. Muitas redes sofrem enormes problemas porque o projeto inicial da rede não foi feito corretamente. O cabeamento poderá perder sua força no mercado, conforme a comunicação *wireless* avança e ganha terreno. Embora haja essa tendência, o fato é que atualmente ao redor de 95% das instalações de redes de computadores se baseiam no cabeamento físico. A cada dia novas normas ou alterações das normas vigentes são lançadas, o que demonstra a força do cabeamento estruturado no mercado internacional. (FEY e GAUER, 2014, p.21)

3.1.4.1 Normas em cabeamento estruturado

As normas do cabeamento estruturado possuem papel importante por recomendarem aspectos técnicos visando à padronização dos projetos, instalações e testes de certificação do cabeamento estruturado. (SENAI, 2012, p. 20)

A norma que deu início à padronização de fios e cabos para os sistemas de telecomunicações em edifícios comerciais surgiu no ano de 1991, por intermédio de um órgão responsável pela padronização dos sistemas, o EIA/TIA (*Electronic Industries Association/ Telecommunications Industry Association*) que posteriormente, recebeu o nome de ANSI/EIA/TIA-568, uma norma que tem como meta principal desenvolver, planejar e fixar padrões para os sistemas de cabeamento, sem importar o fabricante, mas sim a forma como o produto será executado ou construído. Os sistemas de telecomunicações em edifícios comerciais eram projetados subestimando os serviços que viriam a ser operados. Havia diversos padrões de cabos utilizados para a demanda de uma instalação, não havendo coordenação entre os fabricantes. Sendo assim, as normas para o cabeamento estruturado foram definidas por instituições nacionais e internacionais, são independentes dos fabricantes dos materiais, servindo como referência para os próprios fabricantes. Reconhecido então a necessidade de padronização, diversos profissionais, fabricantes, consultores e usuários reuniram-se sob a orientação de organizações como: ISO/IEC, TIA/EIA, CSA, ANSI, BICSI, ABNT para desenvolver normas que garantissem a implementação do que seria o melhor conceito em cabeamento estruturado. Para dar continuidade à norma americana inicial, foram produzidos diversos outros documentos e atualizações, conforme se pode verificar a seguir:

- a) ANSI/TIA/EIA-568: norma que iniciou a padronização de cabeamento de telecomunicações em edifícios comerciais em 1991;
- b) ANSI/TIA/EIA-568A: essa norma é uma revisão do padrão de cabeamento de telecomunicações em edifícios comerciais, 1995;
- c) TIA/EIA TSB67: norma responsável por especificar o desempenho de transmissão para teste em sistemas de cabeamento de par trançado;
- d) TIA/EIA TSB72: norma responsável pela padronização do cabeamento centralizado de fibra óptica;
- e) TIA/EIA TSB75: essa norma é responsável pelas práticas em cabeamento horizontal, em escritórios abertos;
- f) TIA/EIA TSB95: essa norma tem como papel fundamental, a orientação de desempenho em transmissões de cabo Cat5 quatro pares de 100 Ohms;
- g) ANSI/TIA/EIA-568-A-1: norma que especifica o atraso de propagação para os cabos de quatro pares, 100 Ohms;
- h) ANSI/TIA/EIA-568-A-2: revisão da norma ANSI/TIA/EIA-568-A-1;

- i) ANSI/TIA/EIA-568-A-3: revisão da norma ANSI/TIA/EIA-568-A-1, com acréscimos.
- j) ANSI/TIA/EIA-568-A-4: essa norma possui requisitos e métodos para teste de perda de paradiafonia, ou seja, interferência provocada em um par adjacente nos cabos de manobra (*patch Cord*) par trançado não blindado;
- k) ANSI/TIA/EIA-568-A-5: essa norma tem como papel fundamental, a orientação de desempenho de transmissões de cabo Cat5e quatro pares 100 Ohms. A mais recente norma publicada pela TIA é a ANSI/TIA/EIA 568-B padrão. É uma revisão do ANSI/TIA/EIA-568-A, que foi publicada em 1995. Este padrão é publicado como um documento de três partes: (SENAI, 2012, p. 20)

- a) ANSI/TIA/EIA-568-B.1: o projeto discute requisitos gerais. Fornece informações no que diz respeito ao planejamento, instalação e verificação em sistemas de cabeamento estruturado de edifícios comerciais. Estabelece também o desempenho de parâmetros para sistemas de cabeamento, tais como canais e links permanentes. Uma das principais mudanças neste documento é que ele só reconhece os cabos da categoria 5e ou superiores.
- b) ANSI/TIA/EIA-568-B.2: esta norma especifica cabeamentos, componentes e requisitos de transmissão de um sistema de cabeamento.
- c) ANSI/TIA/EIA-568-B.3: discute componentes de fibra óptica. Esta norma especifica os componentes e transmissão de requisitos para sistemas de cabeamento de fibra óptica.

Desde então, todas as evoluções tiveram como referência a 568B evoluída e aprimorada pelas normas relacionadas a seguir:

- a) ANSI/TIA/EIA-569: padrão de construção comercial para caminhos de telecomunicações e espaços. (Outubro de 1990);
- b) ANSI/TIA/EIA-569A: padrão de construção comercial para caminhos de telecomunicações e espaços. (Fevereiro de 1998);
- c) ANSI/TIA/EIA-570: residenciais e comerciais leves telecomunicações fiação padrão. (Junho de 1991);
- d) ANSI/TIA/EIA-570A: residenciais e comerciais leves telecomunicações fiação padrão. (Outubro de 1999);
- e) TIA/EIA-606: a administração (método com etiquetas para identificação do cabeamento) padrão para as telecomunicações infraestrutura de edifícios comerciais. (Fevereiro 1993);
- f) ANSI/EIA/TIA-607: aterramento em edifício comercial e requisitos para a ligação de telecomunicações (agosto de 1994);

No Brasil foi criada a norma ABNT NBR 14565, elaborada no Comitê Brasileiro de Telecomunicações (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Cabeamento de Telecomunicações (CE-03:046.05). O projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 02/05/2006, com número de projeto ABNT NBR 14565.

É uma norma baseada na norma internacional ISO/IEC 11801:2002. Até o momento de criação, o Brasil utiliza das normas internacionais para suas atividades de cabeamento, porém com a crescente demanda de serviços de telecomunicações, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) decidiu formar um comitê para elaboração de uma norma nacional, que teve como fundamento a norma ANSI/TIA/EIA-568A, dando origem em agosto de 2000 à NBR 14565, que prevê procedimentos básicos para elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para rede interna estruturada. Entretanto, a referida norma era considerada por muitos profissionais como uma norma superficial, por não retratar a realidade do mercado. Sendo assim, a ABNT reuniu o Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações – COBEI, delegando a responsabilidade pela revisão e desenvolvimento da norma, dessa forma surgiu a NBR 14.565:2007 que passou a ter como base as normas já ditadas pela ISO/IEC. (SENAI, 2012, p. 22)

Sistemas de automação residencial

Sistemas de automação residencial ou também “*BUILDING AUTOMATION SYSTEMS*” (BAS), compreendem o uso de equipamentos eletrônicos que automaticamente realizam funções específicas na construção. Um BAS pode ser definido como um controlador automático de um ou mais sistemas principais em uma edificação, como por exemplo: HVAC, luz, energia, elevadores, segurança etc. De modo direto, um BAS serve para integrar demais sistemas domóticos em uma edificação (LER, 2006, p. 21).

4.1 Aquecimento, ventilação e ar-condicionado (hvac – heating, ventilation and air conditioning)

Os sistemas HVAC acondicionam o clima em um edifício. Em outras palavras, HVAC controla a temperatura ambiente, umidade, fluxo de ar e, sobretudo a qualidade do ar. Um sistema típico agrega o ar externo, mistura com o ar entrando ou saindo do edifício, filtra o ar e depois o canaliza para um aquecedor ou refrigerador para adquirir a temperatura adequada, por fim distribui esse ar para todas as partes da construção (SINOPOLI, 2010, p. 31). Esses sistemas não tornam apenas o interior das edificações mais confortáveis, saudáveis e melhor habitável para seus ocupantes, eles também usam uma grande porção da energia consumida do edifício e implica custos de utilização. Para manter a qualidade do ar interior, o sistema HVAC deve responder a uma grande variedade de fatores dentro e fora do edifício (clima, hora do dia, diferentes espaços dentro do edifício e como o são ocupados, etc.), enquanto simultaneamente otimiza as operações com o consumo de energia. É um sistema essencial no controle de fumaça em caso de incêndio (SINOPOLI, 2010, p. 32).

Os sistemas HVAC presentes em imóveis comerciais e institucionais são bem diferentes daqueles utilizados em uma residência ou prédio. Grandes edificações possuem vasta densidade de pessoas, iluminação e outros equipamentos, que acabam gerando mais calor, o que significa que o ar-condicionado ou a recirculação de ar acaba se tornando mais importante que prover calor, dependendo da região climática. Contudo, deve haver um sistema HVAC centralizado em edificações comerciais e institucionais, os diferentes setores de uma grande edificação possuem diferentes necessidades de temperatura, tudo é determinado pela forma como o espaço é utilizado (SINOPOLI, 2010, p. 32).

O desenvolvimento de sensores e softwares para o controle de funcionamento da climatização permitiu um sistema de aquecimento independente por setores, fazendo o uso de válvulas eletrotérmicas com consumo reduzido. Um dos maiores objetivos da climatização é proporcionar o maior conforto possível. O sistema pode ser controlado pelo utilizador manualmente, por celulares ou até da internet. Pode haver a programação dos horários para ativar ou desativar os equipamentos HVAC para poupar energia. Os equipamentos funcionam de acordo com os horários, presença de pessoas e temperatura exterior (BARROS, 2010, p. 47-48).

Um sistema HVAC com apenas um único controle de termostato, serve uma zona de “carregamento térmico”. A maioria dos edifícios possuem múltiplas zonas, com o ar sendo distribuído a cada zona específica de acordo com sua necessidade térmica. Em uma comparação mais simples, duas casas possuem duas zonas, por exemplo, uma sendo o térreo e outra o andar superior, cada uma com um sistema de aquecimento e resfriamento do ar. O andar superior geralmente possui um maior carregamento térmico que o inferior e requer mais resfriamento.

Segundo Angel (1993, p.51-52 apud Barros, 2010, p. 48), o sistema pode proporcionar:

- Otimização em relação ao meio externo;
- Auto adaptação, levando em conta o tempo de resposta dos aparelhos;
- A gestão de ambientes individualizados, cada um com um controle de temperatura;
- Controle à distância da temperatura interna da edificação;
- Alternar para um nível menor de consumo, quando não houver ocupantes no ambiente;
- Desativar o aquecimento ou ar-condicionado se alguma janela estiver aberta.

Os componentes que fazem parte do sistema podem ser bem complexos, consistindo de diversos equipamentos para seu funcionamento. Os principais são: aquecedores, compressores, unidades de tratamento de ar (AHU – *air handling unit*), unidades terminais de ar (ATU – *air terminal units*) e equipamentos de volume variável de ar (VAV – *air volume equipment*). Os aquecedores são usados para aquecer o ar. No entanto, para um incremento na eficiência do sistema, pode-se

recuperar o calor gerado pelo compressor, outro componente do sistema HVAC, ou utilizar versões em menor escala dos tradicionais aquecedores para gerar calor. Os compressores ou condicionadores de ar, utilizam as trocas de calor e um gás ou fluido circulante para refrigerar o ar que passa pela unidade. Estão geralmente localizados em uma área mecânica no térreo ou em uma zona central, quando se trata de um ambiente complexo. As unidades de tratamento de ar (AHU) são responsáveis por prover calor ou frio a diferentes partes de uma edificação, utilizando água gelada para refrigerar o ar ou vapor e água quente para aquecer o ar. Uma AHU é basicamente uma caixa de metal contendo um ventilador, elementos de aquecimento e/ou refrigeração, filtros, elementos de redução de ruídos e amortecedores. As unidades terminais de ar (ATU) indicam especificamente as zonas de carregamento térmico. Essas zonas, em um espaço definido, consistem de carregamentos externos (temperatura exterior que aumenta e diminui) ou carregamentos internos (pessoas, luzes, equipamentos eletrônicos, entre outros). Uma zona termal é um espaço ou um grupo de espaços adjuntos que possuem carregamentos termais similares. Definir zonas termais em um edifício reduz a quantidade de subsistemas HVAC, pois um único subsistema pode usualmente dar conta de uma zona termal. A ATU compensa esses carregamentos termais e zonas variando a temperatura do ar, volume de ar ou ambos. Enquanto o sistema de ar constante (CAV) fornece ar a uma temperatura variável de forma constante, os sistemas de volume de ar variável provêm o ar a uma temperatura constante e regula a temperatura do cômodo modificando a taxa de ventilação.

A eficiência de um sistema HVAC é basicamente medida pela taxa de capacidade de resfriamento versus a energia requerida para tal. É usualmente medida pela taxa de eficiência energética (EER – *energy efficiency ratio*), taxa de eficiência energética sazonal (SEER – *seasonal energy efficiency ratio*) ou coeficiente de performance. A EER é a medida de eficiência de um condicionador de ar em sua máxima operação e é calculada dividindo a capacidade de refrigeração ou aquecimento em BTU/hora pelo consumo elétrico em watts. A EER é baseada em uma temperatura exterior constante de 35° C. A SEER especifica a eficiência de um sistema HVAC de forma mais precisa pois usa diversas condições de operação e temperaturas. É projetado para dar uma leitura mais precisa da atual condição de trabalho do sistema. Por conta disso as medidas dependem da localização geográfica.

4.2 Sistemas de controle de iluminação

A iluminação é necessária para prover visibilidade aos ocupantes, estética dos ambientes e para segurança. É estimado que a iluminação consumisse de 30% a 40% da eletricidade usada no edifício. Iluminação desnecessária e descontrolada

em uma construção não apenas desperdiça energia, mas também aumenta os custos de utilização. A iluminação pode afetar outros sistemas tecnológicos da construção, por exemplo, de acordo com sua utilização pelo custo de refrigeração dos espaços onde a iluminação aumenta a temperatura interna (SINOPOLI, 2010, p. 47).

Um sistema de controle de iluminação providencia aos habitantes a iluminação adequada de uma maneira eficiente, consistente de acordo com a necessidade. A necessidade de luz em um edifício varia de acordo com o tipo, distribuição dos espaços internos, hora do dia e a densidade de ocupantes. Conseqüentemente, as funções e estratégias de controle refletem essas variáveis e primeiramente envolvem segundo SINOPOLI (2010, p. 48):

- Agendamento: um sistema de controle deve possuir um agendamento predefinido onde as luzes são ligadas e desligadas.
- Sensores de ocupação: para espaços onde a ocupação é difícil de estimar (lobbys e espaços comuns), as luzes podem ser controladas por sensores de movimento ou ocupação.
- Luz diária: para reduzir a necessidade e o custo de utilizar luz artificial, um sistema de controle pode utilizar o máximo de luz natural quanto possível. A isso se dá o nome de “Daylight harvesting” ou “daylighting”
- Fachadas de vidro: fachadas “espectralmente seletivas”, desenvolvidas para climas quentes com grande quantidade de radiação solar, funcionando como um filtro, dissipando frequências de luz que produzem calor enquanto minimiza a perda de transmissão de luz.

O sistema de controle de iluminação distribui a energia para as lâmpadas de maneira convencional, porém adiciona um controle digital e inteligência em alguns, senão todos, os dispositivos, controladores sendo o quadro de iluminação, interruptores, sensores de luz, sensores de ocupação, energia de reserva e acessórios. Isso aumenta significativamente as funcionalidades e flexibiliza o sistema, por conta do controle digital e da inteligência agregada aos componentes. Por exemplo, a reconfiguração de zonas de iluminação é feita através de software assim como o cabeamento físico (SINOPOLI, 2010, p. 48). O coração de uma central de controle de iluminação é tipicamente um servidor com acesso à rede interna e interconectado com outros sistemas tecnológicos da edificação, uma estação de trabalho com software para administração. O sistema com acesso à rede permite qualquer indivíduo autorizado, sendo residentes ou utilizadores da obra, a ajustar as luzes por meio da rede ou navegador de internet.

Uma abordagem do sistema é o uso de controladores inteligentes, esses controladores são distribuídos pela edificação e administram os quadros de distribuição. Como os controladores e o servidor do sistema estão conectados pela rede ethernet, as programações são compartilhadas. O controlador humano pode

utilizar uma interface móvel no lugar de uma central fixa para programação e controle. Os controladores disponíveis no edifício devem ser concebidos de forma modular para que se permitam expansões.

4.3 Sistemas de controle de energia elétrica

Um sistema de gerenciamento de energia elétrica de um edifício (EPMS – *Electric Power Management System*) monitora a distribuição de energia para uso e qualidade. O EPMS, em conjunto com o sistema HVAC e o sistema de iluminação, são partes integrais de todo o gerenciamento de energia visando controlar o uso e custos. O EPMS é uma ferramenta no gerenciamento e garantia de qualidade da energia, sendo uma fonte de energia livre de surtos, quedas e interrupções que afetem a segurança e confiabilidade da edificação (SINOPOLI, 2010, p. 59). O EPMS monitora a distribuição elétrica, gerando dados sobre o consumo de energia em setores específicos ou como um todo, qualidade da energia e emite alerta em uma eventual situação. Isso é baseado nos dados que o sistema adquire e que pode ajudar em definir e até mesmo iniciar o planejamento para redução do consumo e custo. O sistema “derrama” energia e é acionado por fatores determinados assim como certos níveis de energia demandada na utilização ou uma hora particular do dia, onde o consumo é alto. O EPMS pode gerenciar alerta, calcular tendência de uso, diagnosticar problemas e agendar manutenções, além de fornecer dados sobre o consumo de energia para um usuário específico ou inquilinos (SINOPOLI, 2010, p. 60). Tipicamente, esse sistema monitora a entrada de energia em uma edificação, campus, comutadores, protetores de rede elétrica, quadros de distribuição, geradores, entre outros.

Os componentes de um EPMS incluem dispositivos de monitoramento e controle, conforme Figura 12. O EPMS monitora as cargas dos equipamentos. Entradas na unidade de monitoramento podem ser transformadores de corrente ou de potência assim como os outros sensores ou dispositivos de monitoramento. Transformadores de corrente são utilizados para gerar informações de acordo com a corrente elétrica enquanto que os transformadores de potência são usados para informar sobre as medições de voltagem elétrica. Tipicamente as unidades de monitoramento são formadas por microprocessadores, memória *onboard* e podem ser programadas ou já possuem uma pré-programação para o monitoramento, testes e diagnóstico. Também podem informar localmente e/ou pela rede EPMS. A unidade de monitoramento deve possuir entradas para a distribuição de componentes específicos como disjuntores.

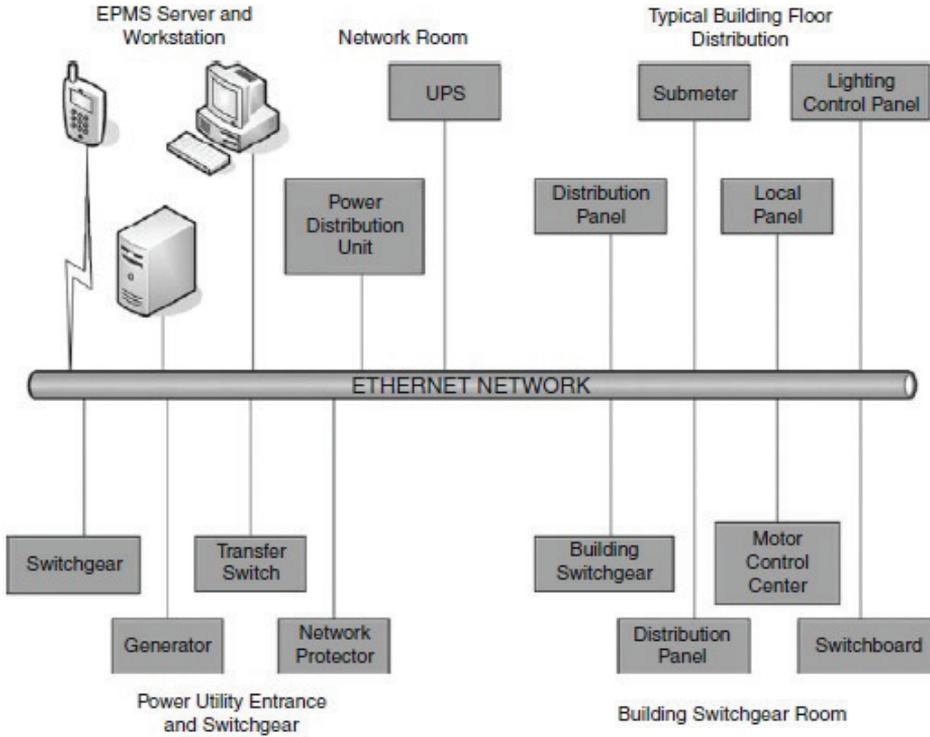


Figura 12 EPMS.

Fonte: Sinopoli (2010, p. 60)

Os displays são responsáveis pelo monitoramento de uma carga elétrica ou equipamento. Podem ser locais, específicos ou do equipamento, podendo também fazer o monitoramento de múltiplas cargas e dispositivos. Alguns displays podem ser conectados a múltiplos monitores e são aptos a se comunicarem com uma central de trabalho do operador, via rede de dados padrão. A central de trabalho para se operar a EPMS é composta de um computador pessoal (PC) com um software específico. Opera com os dados fornecidos dos equipamentos e displays, para análise e tomada de decisão.

4.4 Sistemas de controle de acesso

A vital importância de um sistema para controle de acesso é incrementar a segurança da edificação. O sistema de acesso mais básico ou típico opera através de um cartão que o usuário passa em uma máquina leitora para uma porta par-

ticular e baseado na informação do cartão e dos dados particulares do portador, porta e acesso, o sistema pode destrancar portas ou impedir o acesso. Usos similares podem ser aplicados a outras áreas em uma edificação onde o acesso necessita ser controlado, como por exemplo em estacionamentos e elevadores (SINOPOLI, 2010, p. 69).

4.5 Sistemas de vigilância

Sistemas de vigilância por vídeo, também conhecido como circuito fechado de televisão (CCTV – *Closed Circuit Television*), é parte essencial em um planejamento de segurança em uma edificação inteligente. O planejamento pode incluir aspectos físicos e operacionais como qualquer outro sistema de segurança assim como integrar o controle de acessos e detecção de intrusos. É importante frisar que a instalação de qualquer sistema de vigilância deve levar em consideração os aspectos legais, assim como manter o direito de privacidade e evitar a presunção de segurança. Por exemplo, não é aconselhável colocar câmeras onde o usuário requer privacidade de seus atos ou não colocar câmeras apenas de aspecto estético apenas para haver a ilusão de que há segurança. Os sistemas de vigilância foram por muitas décadas baseados na tecnologia analógica, a mudança para a tecnologia digital acompanhou a maior parte da indústria eletrônica (SINOPOLI, 2010, p. 84).

4.6 Sistemas de diagnóstico, alarme e incêndio

Sistemas de alarme e incêndio são os elementos primários para a segurança dos ocupantes em qualquer edifício. Instalado corretamente, esse sistema reduz a probabilidade de vítimas e reduz os danos causados pelo fogo, fumaça, calor e outros fatores. Devido à sua importância, as normas, regulamentos e leis são fundamentais para sua elaboração, sendo necessários projetos bem dimensionados e detalhados. Seu projeto deve envolver profissionais qualificados e mais importante, regularizado pelas instituições competentes (SINOPOLI, 2010, p. 103).

4.7 Sistemas de rede de voz e sistemas de antena distribuída

Os serviços de telefone por cabo em edifícios e organizações sofreu uma revolução tecnológica nas últimas décadas. No fim dos anos 70, muitos sistemas de telefonia usavam uma tecnologia chamada “*time division multiplexing*” (TDM). Durante esses anos, o mercado era dominado por poucas companhias de grande porte, com sistemas abertos o suficiente para conectar o mundo, porém ainda de-

tinham a propriedade de operação e infraestrutura. O mercado mudou de maneira significante no fim dos anos 90 com a introdução da tecnologia VoIP (voz por protocolo de internet). O VoIP essencialmente utiliza uma rede de dados baseado em IP (Protocolo de Internet) para transmitir voz (SINOPOLI, 2010, p. 114).

Entendendo que a comunicação *wireless* em edifícios pode ser confusa, pois existem diferentes sistemas e aplicações, além de frequências diferentes entre os sistemas, modelos estabelecidos de sistemas para instalação ou mesmo modelos para prover tipos específicos de rede *wireless* podem não existir. Edificações podem necessitar de cobertura por celular, sistemas Wi-Fi, redes *wireless* públicas, sistemas de identificação por rádio frequência (RFID) e outros sistemas sem fio. Sistemas sem fio em edifícios podem prover inúmeros benefícios: maior satisfação dos usuários aumenta a capacidade de segurança ao público, diminui os problemas operacionais, entre outros. Os sistemas *wireless* através de aparelhos celulares se tornaram mais importantes devido à grande utilização destes pela população (SINOPOLI, 2010, p. 117).

4.8 Rede de dados

Uma rede de dados é particularmente importante para um edifício inteligente. A infraestrutura básica para uma rede de dados (cabearamento, protocolo TCP/IP, banco de dados compartilhado) é ampla e normatizada além de se tornar cada vez mais popular e ser adotado por outros sistemas de construção. A tecnologia básica de uma infraestrutura para rede de dados compreende o núcleo de um edifício inteligente. Uma rede de dados é utilizada para compartilhar recursos e trocar informações entre os usuários da rede e de outras redes. Décadas atrás sua infraestrutura consistia de servidores mainframes, microcomputadores, cabearamento e protocolos de comunicação.

Hoje a maioria das redes é composta basicamente de moduladores, servidores, sistemas operacionais, aplicativos de rede, periféricos e dispositivos de usuário. Usuários tipicamente utilizam um desktop ou notebook para acessar a rede, também há a possibilidade de uso dos smartphones. A conectividade dos dispositivos com a rede é disponibilizada através de cabos ou rede *wireless*. A conectividade remota é disponibilizada através de serviços de telecomunicações por provedores como, cabo, DSL, T-1 ou qualquer serviço de alta capacidade em telecomunicações (SINOPOLI, 2010, p. 122).

4.9 Sistemas de gerenciamento do edifício

Um sistema de gerenciamento do edifício (FMS – *Facility Management System*) é o sistema central para um edifício inteligente que agrega parte das funções

operacionais de uma edificação convencional com sistemas tecnológicos prediais. O FMS é tipicamente um sistema de servidor central com uma estação de trabalho para um operador que pode ser auxiliado por equipamentos *wireless* (SINOPOLI, 2010, p. 129). O acesso na maioria das FMS pode ser feito através da internet. A FMS geralmente opera com um protocolo Ethernet IP padrão, através de infraestrutura por cabos além da infraestrutura padrão de sistemas operacionais e banco de dados. A definição de FMS pode ser confusa, especialmente em comparação com um BAS. Uma FMS tem seu foco no processo de gerenciamento da edificação, é uma ferramenta que auxilia as operações de gerenciamento, estoque, suprimentos e obtenção destes. Esses sistemas são geralmente ofertados por empresas com foco em aplicações específicas para o gerenciamento da edificação ou mais amplamente produtos que auxiliem os negócios como recursos humanos, finanças, compras e etc (SINOPOLI, 2010, p. 130).

Já um BAS é focado na parte operacional dos sistemas de um edifício inteligente, principalmente segurança dos usuários e os sistemas automatizados. Um BAS é ofertado tipicamente por fornecedores de automação residencial e de sistemas de segurança, este pode integrar os demais sistemas e controles da construção, adquirir dados de equipamentos ou acessórios específicos, gerar alertas e permite aos operadores criarem configurações e agendamentos do sistema, entre inúmeras outras (SINOPOLI, 2010, p. 130).

4.10 Sistemas audiovisuais

Sistemas audiovisuais é um tópico complexo visto que englobam diferentes tipos de equipamentos e materiais, diversas normas técnicas e há constante evolução das tecnologias. Apesar da complexidade, e em muitos casos por causa da complexidade, a tecnologia de edifícios inteligentes (sistema de cabeamento estruturado padrão, conexões via ethernet e protocolos IP) está embasada em sistemas audiovisuais. Incluem-se digitalização da tradicional tecnologia analógica de sinais de áudio e vídeo e mais importante, usar a tecnologia de rede de dados para controlar e gerenciar esse sistema (SINOPOLI, 2010, p. 69).

Há um grande número de sistemas audiovisuais que podem ser instalados de forma genérica, no entanto, muitos sistemas audiovisuais são feitos para necessidades específicas de certos cômodos e espaços em uma edificação, por exemplo, salas de reuniões ou salas de aula. Os componentes básicos desse sistema são (SINOPOLI, 2010, p. 170):

- a) Recursos de áudio e vídeo;
- b) Processamento e gerenciamento;
- c) Destinatários (Autofalantes e displays);
- d) Sistema de controle.

Eficiência energética nas edificações

Presentemente, o consumo de energia passou a ser um indicador de atividade e desenvolvimento de um país, porém esta percepção foi extrapolada entre consumo e desenvolvimento a todos os setores industriais e sociais, colocando de lado os parâmetros de eficiência no consumo de energia, sendo somente valorados pelos índices de rentabilidade em curto prazo, e isso leva a uma situação em que a implantação real das medidas de eficiência energética seja de menor impacto que o desejável.

Um sistema que valorize a eficiência energética exclusivamente em benefícios no curto prazo, pode conduzir a uma concepção do bem-estar imediato sem que haja medidas para a continuidade do conforto social a longo e médio prazo, enquanto que uma ação baseada em manter os índices de conforto e atividade utilizando técnicas eficientes de geração, transporte e consumo de energia, pode manter e inclusive incrementar tanto o conforto da sociedade quanto a produtividade industrial do país, diminuindo o número de megawatts consumidos. A redução do consumo fundamentado na eficiência energética implica em permitir um maior acesso da população à situação de conforto desejada, enquanto que a redução dos custos de produção aumentaria a competitividade da indústria, o que a transforma em um fator dinamizador da economia de um país, razão pela qual a área das edificações tem um potencial enorme no campo da eficiência energética. (FERRER e GARRIDO, 2013, p. 2). Em 2012, o consumo de energia elétrica no Brasil foi de 480,12 TWh, sendo que as edificações representaram um percentual de 46,7% (224,20 TWh) desse consumo, o setor residencial foi responsável por 23,3% (111,97 TWh); o setor comercial 15,45 (74,05 TWh) e o setor público, 8% (38,17 TWh). Em uma indústria, a maior parte da energia elétrica consumida provém das máquinas e motores, o que limita a atuação da arquitetura e engenharia no sentido de economizar energia. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 16)

Entende-se por Eficiência Energética em uma edificação, a adequação da construção ao entorno para reduzir sua demanda energética, assim como na utilização da energia solar ou complementares para suprir os requerimentos energéticos dos edifícios com relação ao aquecimento, refrigeração e iluminação com a finalidade de reduzir substancialmente consumo energético de energia convencional. Ao reduzir a demanda de energia, diminuem consequentemente as emissões de CO₂ e outros agentes de poluição atmosférica.

Segundo (FERRER e GARRIDO, 2013,p. 2), os objetivos que devem ser atingidos com a eficiência energética são:

- Propiciar condições adequadas para conseguir edifícios mais eficientes do ponto de vista energético tanto em novas obras, quanto em já existentes, considerando o clima ao redor sem ser alheio a arquitetura do edifício;
- Favorecer a utilização dos recursos naturais renováveis para o condicionamento dos edifícios, também conhecido como uso de técnicas naturais de condicionamento, considerando os componentes, as técnicas construtivas e a localização do edifício;
- Integrar os sistemas solares ativos de aquecimento térmico ou de produção de eletricidade como outro componente do edifício.

Para esses objetivos serem alcançados, é necessário o uso de técnicas arquitetônicas mais favoráveis ao clima na localidade da edificação, diferentes isolamentos, fachadas e distribuição dos espaços. Também é indispensável à utilização de energia solar passiva através de uma arquitetura coerente energeticamente, a isto se dá o nome de Arquitetura Bioclimática. Este tipo de arquitetura considera as técnicas naturais de acondicionamento desde o desenho, para que se obtenham edifícios energeticamente eficientes, assim como a utilização do sol de forma ativa, que é proporcionada com a integração dos sistemas de energia solar para aplicações térmicas e de aquecimento de fluídos, bem como para produção de eletricidade, usando coletores solares térmicos e módulos fotovoltaicos como elementos que compõem a edificação. Toda esta integração deve ser considerada já no início de projeto, já que o desenvolvimento e difusão da energia solar ativa nos países ditos industrializado passam por sua integração nos edifícios. Para estimular esse desenvolvimento, é necessário que os arquitetos, engenheiros e outros envolvidos conheçam os elementos disponíveis para esta integração. Há uma crescente preocupação social com a economia energética e com o meio ambiente, a isso se reflete o crescimento do setor de energia solar nas edificações e no urbanismo. Porém, um projeto energeticamente consciente passa pelo aproveitamento dos recursos naturais do lugar, dessa forma se faz necessário desenvolver e fortalecer as condições adequadas para o aproveitamento destes. Consequentemente, o planejamento urbano é uma condição fundamental para melhor aproveitamento dos recursos. A primeira barreira apresentada no momento de desenhar um edifício

consciente energeticamente é a estrutura urbana, que pode restringir ou facilitar as possibilidades de projeto. (FERRER e GARRIDO, 2013,p. 3)

Os impactos ambientais provocados pelo contínuo crescimento populacional têm se tornado tema de extrema importância nos meios científicos e acadêmicos. Em termos de arquitetura, o aumento da população mundial representa maior demanda de edificações e de consumo de energia. Como resultado, várias medidas preventivas estão em ação por todo o planeta, incluindo o Brasil.

A situação herdada na edificação das décadas passadas, nos quais o custo de combustível era acessível, deu origem a uma era de edificações que valorizavam quase exclusivamente os parâmetros estéticos, assumindo que a climatização estaria coberta pelos sistemas convencionais ativos, independentemente do consumo de toneladas equivalentes de petróleo que seriam gastos. Em 2008, a Agência Internacional de Energia, no informe “perspectivas sobre tecnologia energética”, definiu possíveis cenários e estratégias até 2050, no qual indica que as melhoras em eficiência energética nas edificações é uma das medidas que representam uma economia de maior nível com menor custo entre os cenários analisados. O preço da energia é um fator determinante no interesse das inversões em eficiência energética, pelo que pode ser oportuna a gestão e criação, se for necessário, de instrumentos financeiros específicos.

Para alcançar esse objetivo, sem que se reduza os níveis de conforto térmico exigido pelos indivíduos que os ocupam, nasceu um conceito mais amplo que engloba a utilização de energia solar passiva nos edifícios, denominada de Arquitetura Bioclimática ou Arquitetura Energeticamente Consciente. Sendo assim, este conceito pode ser definido como aquele que otimiza suas relações energéticas com o meio ambiente através de seu próprio desenho arquitetônico. É definitivamente uma arquitetura plana e lisa, sem nenhum tipo de adjetivos, na qual o clima proporciona uma série de condições que devem ser considerados no desenho arquitetônico. Esse conceito então pretende sentar as bases para a construção de edifícios racionalmente construídos, de modo que, com um consumo mínimo de energia convencional, mantenham-se constantes as condições de conforto requeridas. Portanto, devem-se considerar as estratégias de projeto que aproveitem de forma ideal as condições ambientais do meio (energia solar disponível, temperatura exterior, direção predominante do vento, entre outros). (FERRER e GARRIDO, 2013,p. 6)

Conforto térmico e economia de energia, ainda que sejam conceitos totalmente distintos, devem ser considerados simultaneamente no desenho de edifícios energeticamente conscientes, pois é possível obter edifícios com grande economia de energia mesmo que não se instalem sistemas de aquecimento ou refrigeração, apenas utilizando os materiais convencionais de construção e deixando flutuar livremente a temperatura na edificação. Porém na maioria das vezes, nos edifícios

convencionais e dependendo da climatologia exterior, não se conseguem temperaturas interiores dentro dos níveis de conforto aceitos, devido à sua grande variação. Por outro lado na maioria das construções existentes, os níveis de conforto são conseguidos com um grande gasto de energia convencional, pois ninguém se preocupou (nem o arquiteto em seus desenhos, nem os engenheiros que projetaram as instalações e nem mesmo o usuário que adquiriu o edifício) em saber qual seria o valor a pagar pela energia necessária ao longo do tempo para obter o conforto necessário. Pode-se observar que a noção de conforto é muito relativa, por isso busca-se níveis de conforto que são aceitos de forma geral.

5.1 Conforto ambiental

O conforto ambiental pode ser definido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo. O clima é distinto em todas as regiões do planeta, porém o ser humano é biologicamente parecido em todo mundo, sendo que se adapta a diferentes condições climáticas ao se utilizar de mecanismos culturais como a vestimenta, a arquitetura e a tecnologia. Antes de entender o funcionamento destes mecanismos, é necessário o estudo das variáveis de conforto térmico e visual. A importância delas se baseia na premissa de que existe uma forte correlação entre conforto e consumo de energia.

Todo edifício, desde a fase de desenho à fase de uso ao qual foi concebido, deve prever do ponto de vista energético e de conforto térmico, os efeitos do clima sobre a avaliação termodinâmica do sistema. Já que os elementos passivos são parte integrante da construção, quando não é a própria construção, é preciso considerar os dados climatológicos do princípio da concepção em todas as etapas do projeto.

5.1.1 Conforto térmico

O homem é um ser homeotérmico, ou seja, a temperatura interna do organismo tende a permanecer constante independente das condições do clima. O oxigênio promove no organismo a queima das calorias existentes nos alimentos (metabolismo), transformando-a em energia, porém sempre há trocas térmicas entre o corpo e o meio, sendo elas ocorrendo por condução, convecção, radiação, evaporação e respiração. Existindo ganho ou perda de calor, pode haver uma tendência ao aumento ou à diminuição da temperatura interna do organismo (37°C), podendo causar danos à saúde e até mesmo a morte.

As variáveis ambientais que influenciam no conforto térmico e podem ser diretamente medidas são a temperatura do ar ($T_{\text{ar}} - \text{C}^{\circ}$), a temperatura radiante

(TRM – C°), a umidade relativa (UR %) e a velocidade do ar (V – m/s), além destas variáveis, a atividade física (MET – met ou W/m²) e a vestimenta (I_{clo} – clo ou m².°C/W) também interagem na sensação de conforto térmico do homem.

5.1.2 Conforto visual

O conforto visual é um importante fator a ser considerado na determinação da necessidade de iluminação de um edifício. A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, assim como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento. Os ambientes internos e externos são iluminados para permitir o desenvolvimento de tarefas visuais (leitura, visão, manufaturas ou consertos, etc.), portanto é necessário que se saiba o que influencia a habilidade das pessoas em desempenhar estas tarefas. Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições em determinado ambiente onde o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes. Estas condições podem ser classificadas, segundo a European Commission Directorate (1994 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 57) em:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Ausência de ofuscamento;
- Contrastes adequados (Proporção de iluminâncias);
- Bom padrão e direção de sombras.

Deve-se ressaltar que a boa distribuição de iluminâncias não é sinônimo de uniformidade e que o contraste e o padrão das sombras ideal dependem da tarefa realizada. É importante balancear a qualidade e a quantidade de iluminação em um ambiente, assim como escolher a fonte ideal de luz natural ou artificial. É um obstáculo, no entanto estimar as preferências humanas à iluminação, visto que este fator varia conforme a idade da pessoa, a hora do dia e as relações contextuais com o local. O emprego da luz natural permite às pessoas maior tolerância à variação do nível de iluminação ou iluminâncias. Também pode se afirmar que quanto mais complicada a tarefa a ser desempenhada em um ambiente e quanto mais velha for a pessoa, tanto maior deve ser o nível de iluminação do local. A iluminação adequada pode causar fadiga visual, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas fixa as iluminâncias mínimas a serem atingidas em função do tipo de tarefa visual através da norma ABNT 5413 – Iluminância de Interiores. A Figura 13 exemplifica o nível de iluminância necessário.

Classificação	Nível de iluminação a ser obtido	Tarefa
BAIXA	100 a 200 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Circulação • Reconhecimento facial • Leitura casual • Armazenamento • Refeição • Terminais de vídeo
MÉDIA	300 a 500 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura/escrita de documentos com alto contraste • Participação de conferências
ALTA	500 a 1000 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura/escrita de documentos com fontes pequenas e baixo contraste • Desenho técnico

Figura 13 Nível de iluminação necessário.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 58)

5.2 Projeto e clima

Antes de se começar a projetar a edificação, é necessário possuir conhecimento do clima e do local, existe a obrigação de se produzir um estudo que forneça informações básicas à montagem do programa de necessidades. Um bom projeto de edificação inteligente deve responder simultaneamente à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuário em função das informações obtidas da análise climática e formuladas no programa de necessidades. É importante o conhecimento das diferenças conceituais entre tempo e clima. Tempo é a variação diária das condições atmosféricas, enquanto que Clima é a condição média do tempo em uma dada região baseada em medições de longos períodos de tempo (30 anos ou mais). O projeto arquitetônico deve considerar o clima local e suas variáveis, que se alteram ao longo do ano devido a elementos de controle, tais como: altitude (a temperatura do ar tende a diminuir com o aumento da altitude na ordem de -1°C para cada 100 metros de altitude), barreiras montanhosas e correntes oceânicas. Os fatores climáticos atuam de forma intrínseca na natureza e a ação simultânea das variáveis climáticas exercerá influência no conforto do espaço construído. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 71). As variáveis climáticas podem ser quantificadas em estações meteorológicas e descrevem as características gerais de uma região em termos de sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitação. Os dados climáticos mais difundidos no Brasil são as Normas Climatológicas, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia e pelo Departamento Nacional de Meteorologia.

A organização Meteorológica Mundial (OMM) define normais como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos”. No caso de estações para as quais a mais recente Normal Climatológica não esteja disponível, quando a estação não esteve em operação durante o período de 30 anos ou por outro motivo, Normais Provisórias podem ser calculadas. Normais provisórias são médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos. (INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2016, s.p.)

Existem dados de Normais Climatológicas para centenas de cidades brasileiras, que podem servir de modo satisfatório para a análise do clima local do projeto. Devido à variabilidade do tempo meteorológico de dia para dia e o fato da resposta térmica da edificação estar muitas vezes ligada ao dia anterior, a análise das Normais, de dias típicos de verão e inverno o de temperaturas de projeto, não é suficiente para avaliar o desempenho energético de um edifício com precisão. O Ano Climático de Referência (*Try – Test Reference Year*) é uma base de dados mais precisa para uma análise completa da adequação da edificação ao clima local, pois fornece a possibilidade de simulação horária do consumo de energia durante um ano, proporcionando a avaliação do custo-benefício de opções mais eficientes. Semelhante ao TRY, o Ano Meteorológico Típico (*Tmy – Typical Meteorological year*) já é disponível para vinte cidades brasileiras. Desenvolvidos pelo *Solar and Wind Energy Resource Assesment* (SWERA), pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelo Laboratório Labsolar da UFSC, os arquivos TMY podem ser visualizados diretamente em planilha eletrônica.

5.2.1 Variáveis climáticas

a) Radiação solar

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta, sendo fonte de calor e luz. O sol é um elemento de extrema importância no estudo da eficiência energética, é possível aproveitar ou evitar a luz e o calor solar em uma edificação, dependendo das circunstâncias do projeto. O que normalmente se faz é adotar um dos enfoques (luz ou calor) como prioridade, deixando o segundo para ser controlado com sistemas artificiais. Para mudar esse paradigma, o projeto deve compreender de forma integrada os fenômenos térmicos e visuais em uma edificação. De todos os elementos climáticos, a radiação solar é o de comportamento mais conhecido, bastando marcar a altura e o azimute solar em uma Carta Solar, para saber onde está o Sol em determinado período do ano. A Carta Solar de uma determinada localidade é uma função da latitude do local. Em latitudes mais pró-

ximas à linha do Equador, o sol tem um comportamento mais parecido nos dois solstícios, sendo o número de horas de sol diário semelhante. Em latitudes mais distantes os dias são mais longos nos meses de verão, o que torna as estações mais distintas. É importante saber a latitude do local para obter a Carta Solar.

A radiação solar pode ser dividida em direta e difusa. Após sua penetração na atmosfera a radiação começa a sofrer interferências no seu trajeto em direção à superfície terrestre. A parcela que atinge diretamente a terra é chamada de radiação direta e sua intensidade depende da altura solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora. A radiação solar direta é a que mais influência nos ganhos térmicos de uma edificação além de ser a fonte de luz mais intensa. Uma parte da radiação global incidente na atmosfera sofre um espelhamento, sendo essa parte denominada radiação difusa. A radiação difusa é proporcionalmente maior conforme mais nublado for o céu. Nestes casos a parcela direta da radiação solar se reduz bastante e as fachadas de uma edificação tenderão a receber a mesma quantidade de radiação difusa. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 73)

A radiação solar é a principal fonte de luz natural. Uma parte da luz que penetra em um edifício, principalmente a parcela direta, é absorvida e convertida em calor. Quando uma superfície refletora é iluminada por uma fonte de luz primária como a luz solar ou a luz do céu, esta é uma fonte indireta de luz. A qualidade desta luz é virtualmente idêntica à luz do céu admitida através de uma abertura de tamanho similar. Se uma superfície refletora for diretamente iluminada pelo sol, sua luminância pode atingir entre 5.000 a 10.000 cd/m², luminância superior à da abóbada celeste (entre 500 e 2000 cd/m²). A luz solar direta ilumina uma superfície normal com 60.000 a 100.000 lux, esse valor é muito intenso para ser utilizado no diretamente sobre o plano de trabalho (Pereira, 1993 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 76). Por este motivo, muitos projetistas preferem excluir completamente a luz direta do sol no interior da construção. Devido à sua importância como aquecimento solar passivo, a radiação solar direta é muitas vezes considerada indesejável para a iluminação por conta de sua radiação térmica, o que é uma concepção errônea já que a eficácia luminosa da luz natural direta é maior que a maioria das alternativas de luz artificial conhecidas. A luz natural direta introduz menor quantidade de calor por lúmem que a maioria das lâmpadas, sendo assim a luz natural é uma estratégia atrativa para diminuir a carga de resfriamento necessária em edifícios.

A luz difusa é consideravelmente mais baixa que a luz direta, gerando entre 5.000 e 20.000 lux para céu encoberto. embora quantificáveis, tanto a radiação solar quanto a luz natural podem variar enormemente de um instante para o outro. Para simplificar esta variação, são criados modelos padrões que representam alguns tipos de céu: céu limpo (claro), céu parcialmente nublado (anisotrópico) e céu nublado (isotrópico). (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 76)

b) Temperatura

A temperatura é a variável climática mais conhecida e de mais fácil medição. A variação da temperatura na superfície terrestre é resultado basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da recepção diferenciada da radiação solar de local para local. Quando a velocidade dos fluxos de ar é pequena, a temperatura é resultado consequente dos ganhos térmicos solares do local. Quando a velocidade do ar é alta, a influência dos fatores locais na temperatura do ar é menor. O projeto também pode tirar proveito das propriedades de inércia térmica da terra para amenizar as temperaturas no interior da edificação, já que o solo se mantém em temperaturas mais amenas que o ar exterior, sendo que pela inércia térmica a terra ganha ou perde calor lentamente se submetida a temperaturas respectivamente mais altas ou baixas. O calor armazenado no solo pode ser útil onde as noites são frias e os dias quentes, se a edificação for integrada à terra (edifícios semienterradas, taludes, coberturas com terra, etc.) há possibilidade de absorver esse calor nos horários mais frios do dia, o que possibilita mais conforto aos usuários. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 78)

Em uma região climática pode ocorrer variações significativas de direção e de velocidade de movimento do ar, por conta das diferenças de temperatura entre as diferentes massas de ar, que provoca o deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado) para a de menor pressão (ar quente e leve). Através de diagramas, como a rosa-dos-ventos, o projetista pode conhecer as probabilidades de ocorrência do vento para as principais orientações e sua velocidade. Isso auxilia na colocação de aberturas, de modo que possa aproveitar o vento fresco em períodos quentes e evitar o vento forte em períodos frios. A presença de vegetação, outras edificações e obstáculos podem alterar as condições de ventos do local, assim como se pode utilizar o perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo para a edificação. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 78)

c) Umidade do ar

A pressão de vapor é a variável climática mais estável ao longo do dia. A umidade do ar resulta da evaporação de fontes de água e da evapotranspiração dos vegetais. O ar a certa temperatura pode conter uma determinada quantidade de água. Quanto maior a temperatura do ar, maior a densidade e quantidade de água que pode conter. A umidade relativa tende a aumentar quando há diminuição da temperatura a diminuir quando há aumento da temperatura. Em locais com alta umidade, a transmissão da radiação solar é reduzida já que o vapor de água e as nuvens absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias; em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas. Altas umidades relativas do ar influem diretamente na capacidade da pele em evaporar o suor, o que aumenta a sensação de

desconforto térmico. É importante observar o comportamento da temperatura e a umidade ao longo do ano (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 79)

5.2.2 Bioclimatologia

Entendido os conceitos básicos que envolvem o ambiente em que o projeto vai ser instalado, deve-se então entender os efeitos destes fatores na construção e em sua eficiência energética. Pode-se tirar partido ou evitar os efeitos dessas variáveis, de forma a produzir um ambiente com as condições determinadas aos usuários. Há duas formas: a primeira é com o emprego de formas artificiais de climatização e iluminação. A segunda é utilizar estratégias de aquecimento, resfriamento e iluminação naturais. O importante é saber integrar ambos os sistemas, naturais e artificiais, traçando uma relação de custo/benefício em cada solução. Para utilizar as estratégias naturais de forma mais adequada, deve-se conhecer então a bioclimatologia, que aplica os estudos do clima (climatologia) às relações com os seres vivos, pois conhecendo os conceitos básicos que relacionam clima e conforto, pode-se compreender a importância da bioclimatologia aplicada aos edifícios inteligentes. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 84)

Na década de sessenta, os irmãos Olgyay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura considerando o conforto térmico humano, assim criaram a expressão Projeto Bioclimático. (Olgyay, 1973 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 84). A arquitetura dentro deste conceito busca utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. Foi desenvolvido por Olgyay um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima, conhecido como Carta Bioclimática de Olgyay (Figura 14).

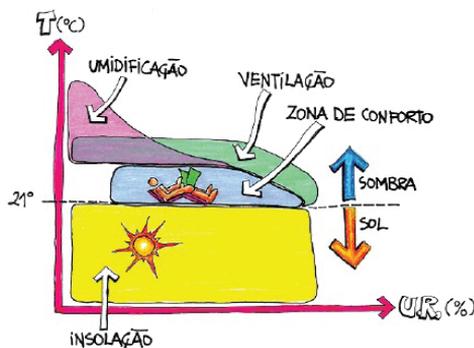


Figura 14 Carta Bioclimática de Olgyay.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 84)

Em 1969 Givoni concebeu uma carta bioclimática para edifícios que corrigia algumas limitações do diagrama idealizado por Olgyay. A carta de Givoni é adaptada sobre a carta de psicrométrica, que é uma parte da termodinâmica que tem por objetivo o estudo das propriedades do ar úmido. Givoni propôs estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao clima, enquanto que Olgyay aplicava seu diagrama estritamente para as condições extremas. Em um estudo mais recente, Givoni (1992) explica que conforto térmico interno em edifícios não condicionados depende muito da variação do clima externo e da experiência de uso dos habitantes. Pessoas que moram em edifícios sem condicionamento e naturalmente ventilados, geralmente aceitam uma grande variação de temperatura e velocidade do ar como situação normal, demonstrando assim a sua aclimatação. Givoni então concebeu uma carta bioclimática para países em desenvolvimento, onde os limites máximos de conforto da sua carta anterior foram expandidos. A Figura 15 demonstra as estratégias de controle climático a serem adotados no projeto de arquitetura visando o conforto térmico, segundo Watson e Labs (1983)

A Figura 15 relaciona princípios a serem considerados quando as condições climáticas proporcionam desconforto por frio (inverno) ou por calor (verão). Em períodos frios a intenção é evitar perdas de calor e promover ganhos térmicos, enquanto que em tempos quentes o objetivo é favorecer as perdas de temperatura. Cada um destes princípios é relacionado aos quatro mecanismos básicos de trocas de calor (condução, convecção, radiação e evaporação).

		CONDUÇÃO	CONVECÇÃO	RADIAÇÃO	EVAPORAÇÃO
INVERNO	Promover ganhos	Promover ganho de calor solar			
	Resistir às perdas	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar fluxo de ar externo Minimizar infiltração de ar		
VERÃO	Resistir aos ganhos	Minimizar fluxos de calor por condução	Minimizar infiltração de ar	Minimizar ganho solar	Promover resfriamento evaporativo
	Promover Perdas	Promover resfriamento através do solo	Promover ventilação	Promover resfriamento radiativo	
Fontes de calor		Atmosfera		Sol	
Fontes de resfriamento		Solo	Atmosfera	Céu	Atmosfera

Figura 15 Estratégias de controle bioclimático.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 85)

A Figura 16 é construída sobre um diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Tendo conhecimento dos valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático na localidade, o projetista poderá ter a direção sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício. Os dados de temperatura e umidade podem ser traçados diretamente sobre a carta, onde são identificadas as zonas bioclimáticas.

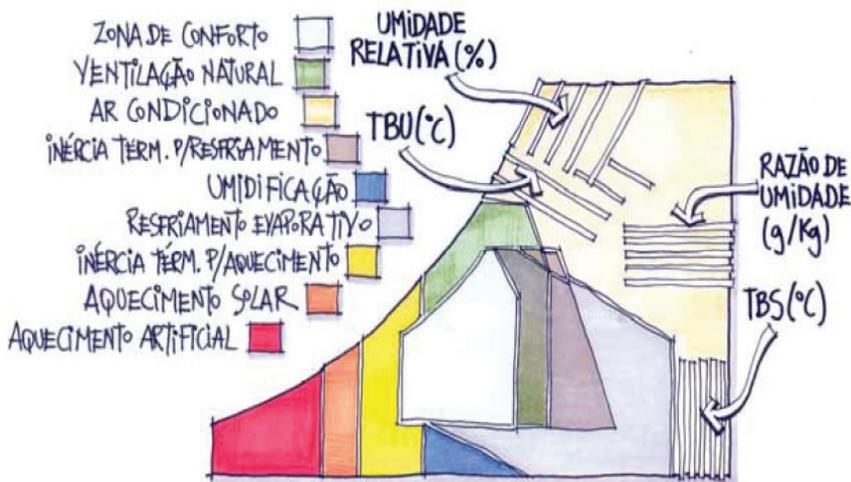


Figura 16 Carta Bioclimática adotada para o Brasil.

Fonte: Lamberts; Dutra e Pereira (2014, p. 86)

5.2.2.1 Diagrama psicrométrico

É possível através deste diagrama, representar graficamente a relação entre as temperaturas de bulbo seco e úmido, umidade relativa e grau de umidade de misturas de ar e vapor de água sob uma pressão determinada (usualmente 1 atm). Portanto, um diagrama psicrométrico é uma representação gráfica das propriedades termodinâmicas do ar úmido, sendo útil em aplicações práticas. A escolha das coordenadas é arbitrária, ou seja, em abscissas pode-se representar a temperatura de bulbo seco e em no eixo das ordenadas a umidade específica ou a pressão parcial do vapor de água. As linhas verticais são, por definição, isotermas e as horizontais isolinhas de conteúdo de umidade ou de pressão parcial de vapor. O diagrama contém linhas de entalpia constante e temperatura úmida (linhas retas de inclinação negativa) e linhas de umidade relativa constante (linhas curvas). A Figura 17 representa um diagrama psicrométrico a nível do mar.

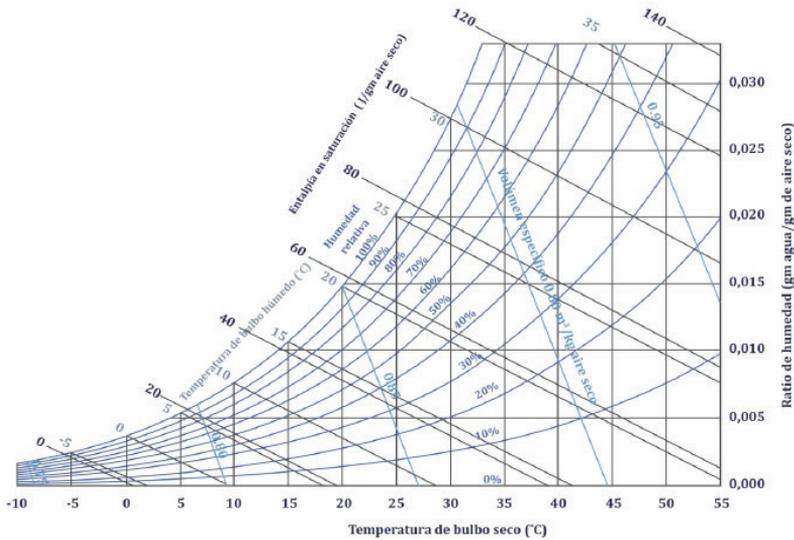


Figura 17 Diagrama psicrométrico.

Fonte: Ferrer e Garrido (2013, p. 18)

Segundo FERRER e GARRIDO (2013, p. 18), os usos mais comuns deste tipo de diagrama são:

- Determinação da umidade relativa e específica de uma massa de ar; conhecida sua temperatura de bulbo seco (t_s) e úmido (t_h), o estado higrométrico da massa de ar fica determinado pelo ponto de intersecção das isotermas $t=t_s$ e $t=t_h$. A ordenada deste ponto define a umidade específica da massa de ar; a umidade relativa é definida pela linha de umidade relativa constante que passa pelo ponto.
- Determinação da umidade específica de uma massa de ar; conhecida sua temperatura de ponto de condensação, a ordenada do ponto de intersecção da isoterma $t=t_r$ com a linha de saturação ($H_r=100\%$) é a que determina a umidade específica do ar.
- Determinação da umidade relativa de uma massa de ar que evolui à umidade específica constante.
- Determinação da temperatura seca e da umidade específica de uma massa de ar que evolui à umidade relativa constante.
- Determinação da quantidade de água evaporada ou condensada em um processo geral, etc.

5.2.2.2 Carta bioclimática

A carta bioclimática criada por Givoni sintetiza todos os resultados em uma única carta bioclimática que, dependendo basicamente da temperatura e umidade do exterior, característico da climatologia local, indica as estratégias a se adotar no desenho do edifício para que possa ser possível potencializar um ou outra técnica passiva. A Figura 18 exemplifica esta carta.

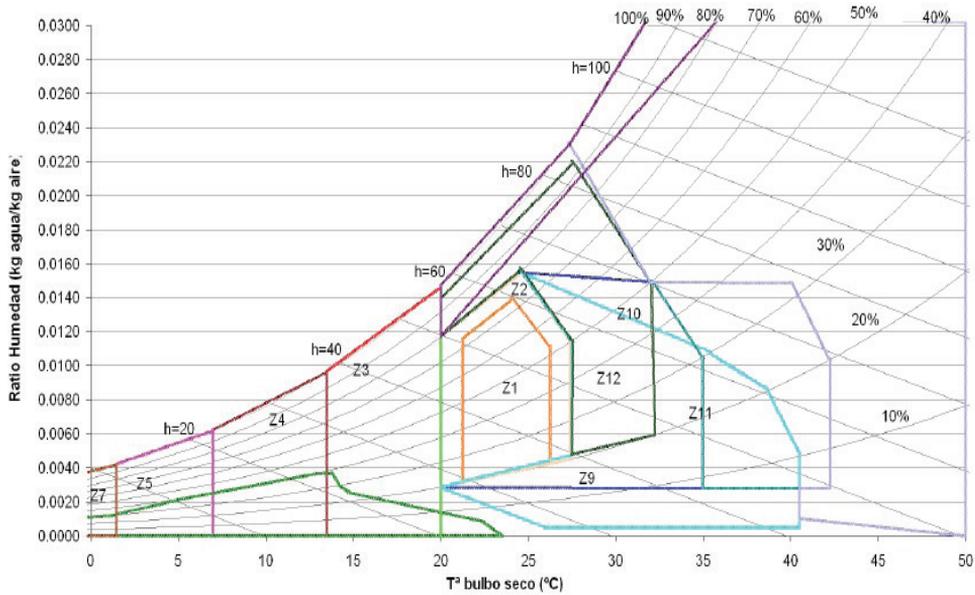


Figura 18 Diagrama de Givoni.

Fonte: Ferrer e Garrido (2013, p. 34)

De acordo com a legenda (Figura 19), cada uma das zonas indica quais estratégias devem ser adotadas:

- Zonas 1 e 2: Aumentar o isolamento, controlar os fluxos condutivos, evitar infiltrações, aumentar o ganho e minimizar os intercâmbios de ar (boa qualidade construtiva);
- Zonas 3 e 4: Restringir os ganhos solares (sombreamento);
- Zonas 6 e 8: Aumentar a ventilação natural;
- Zonas 8,10 e 11: Procurar resfriamento evaporativo
- Zonas 7 e 10: Procurar resfriamento radioativo;
- Zonas 12 e 13: restringir fluxos condutivos.

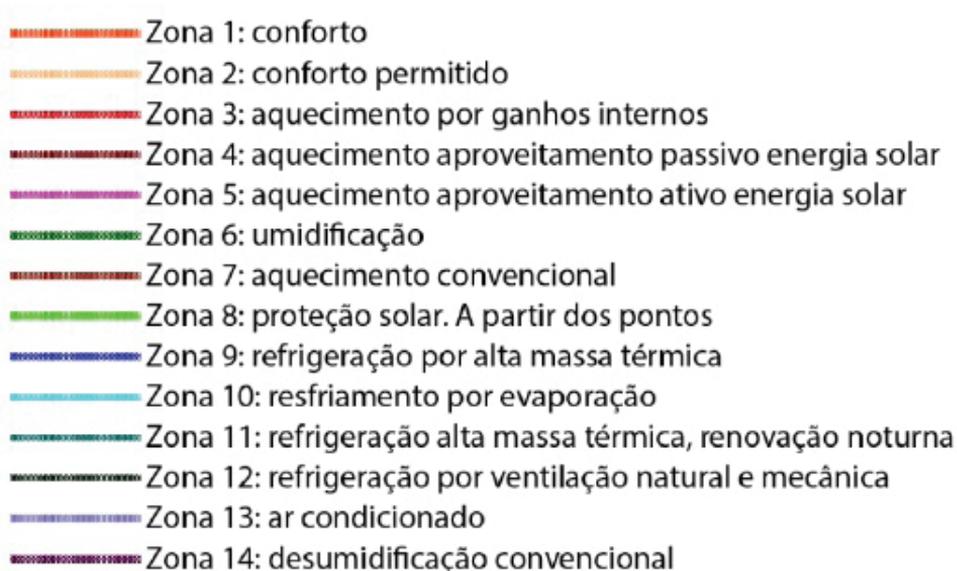


Figura 19 Legenda de zonas climáticas.

Fonte: Ferrer e Garrido (2013, p. 34).

5.3 Projeto de arquitetura bioclimática

tendo ciência sobre as principais variáveis envolvidas nas questões de conforto e desempenho energético em edifícios, pode-se concluir através dos conceitos pertinentes à bioclimatologia, quais os princípios bioclimáticos a se adotar em diversas situações. O primeiro passo é identificar nas edificações onde a maior parte da energia está sendo gasta e verificar, dentro desta problemática, quais soluções podem ser concebidas. De um modo geral, para se racionalizar o uso de energia em um edifício, as soluções devem ser pensadas de modo a reduzir o consumo de energia gasto para iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água. Pensando assim, segundo LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014, p. 259), “são basicamente três idéias a serem perseguidas no processo de concepção arquitetônica”:

- Usar sistemas naturais de condicionamento e iluminação sempre que possível;
- Usar sistemas artificiais mais eficientes e;
- Buscar a integração entre os dois (artificial e natural).

Existem diferenças significativas no consumo de energia do setor residencial para os setores comercial e público; primeiramente pela densidade de pessoas

ocupando determinado espaço. Em residências as pessoas compartilham vários ambientes, onde poucos são ocupados na maior parte do dia, mesmo em edifícios residenciais, excluindo o hall de entrada e circulação, a densidade de ocupação para cada ambiente é considerada baixa se comparada aos edifícios comerciais e públicos. Nestas edificações, um grande número de pessoas pode ocupar um único espaço (salas de aula, auditórios, teatros, escritórios, etc.) e o fluxo de pessoas que entram e saem destes ambientes podem ser contínuo (lojas, supermercados, etc.). Como resultado deste tipo específico de utilização dos setores públicos e comerciais, mais energia é consumida para climatização e iluminação.

Outra característica que é importante tomar conhecimento no consumo de energia é a função arquitetônica. É mais cômodo aos usuários de um espaço residencial determinar as condições ambientais que o satisfaçam, já em um ambiente de escritórios, por exemplo, é necessário adaptar-se às condições ambientais disponíveis. Esses fatores fazem do setor residencial o cliente ideal para o uso de sistemas naturais de condicionamento e iluminação. Embora os setores comercial e público tenham condições de emprego dessas soluções, é provável que haja a necessidade de se empregar sistemas artificiais, optando por selecionar equipamentos mais eficientes. É importante ressaltar que a integração entre sistemas naturais e artificiais é encorajada, pois além da economia de energia, propicia ambientes mais agradáveis. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 260). O consumo de energia nos setores comercial e público é fortemente influenciado pela grande quantidade de calor gerado no interior do edifício. Estes edifícios contam com maior densidade de usuários, equipamento e lâmpadas, que forçam o sobreaquecimento dos ambientes, mesmo em situações onde o clima exterior indica conforto térmico. A iluminação e o ar-condicionado são os grandes consumidores de energia nesses setores, representando aproximadamente 64% do consumo (44% para iluminação artificial e 20% para ar-condicionado). (Geller, 1994 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 260)

Antes de começar o desenvolvimento de soluções para o emprego de recursos naturais de condicionamento e iluminação no setor residencial, é preciso fazer um estudo do clima da região, para identificar quais estratégias bioclimáticas se mostram mais adequadas, sendo que este estudo pode ser realizado por intermédio da Carta Bioclimática. Ao se plotar na carta os dados climáticos para a cidade que se quer analisar, podem surgir uma ou mais indicações bioclimáticas. A cada uma destas indicações, lidas diretamente na carta ou nas tabelas de percentuais de necessidades das estratégias, correspondem diversos recursos de design, que podem ser adotados no projeto para responder às condições de conforto para o local. Já no espaço comercial e público, com dito anteriormente, existe uma grande diversidade no uso dos espaços, principalmente no setor comercial. Neste setor, as edificações podem funcionar durante o dia, durante a noite ou até em dois períodos, dependen-

do da função a que é destinada a construção. Em alguns casos a iluminação com boa qualidade e quantidade é imprescindível, como em escritórios de desenho ou de consertos delicados. Também existem locais onde a iluminação deve ser reduzida ou até evitada em boa parte do tempo, como em boates ou cinemas. Já em relação ao conforto térmico, para alguns ambientes sua necessidade é secundária (alguns tipos de depósitos, prédios de estacionamento) e em alguns casos é o principal fator do ambiente (shopping centers, galerias comerciais, etc.). todas essas diversidades indicam a importância dos estudos sobre a apropriação espacial dos edifícios com o intuito de orientar as intervenções referentes à eficiência energética. Mesmo que as estratégias bioclimáticas indicadas pela carta bioclimática sejam válidas para a arquitetura comercial e pública, é mais urgente a necessidade de integração entre os sistemas naturais e artificiais, visto que o uso dos sistemas artificiais pode ser imprescindível para a produtividade do espaço interior.

Todos os conceitos apresentados devem ser aplicados no mínimo de forma qualitativa no projeto, e como já dito anteriormente, é mais fácil aplicar estes conceitos em edificações de pequeno porte ou de função residencial pois é menor o número de variáveis envolvidas e há maiores possibilidades de se explorar a iluminação e o condicionamento naturais. A sistematização de todas as variáveis pode ser à primeira vista complexa, porém pode-se definir a princípio uma sequência de procedimentos onde as questões discutidas integram-se em outros fatores levados em consideração, conforme exemplificado na Figura 20.

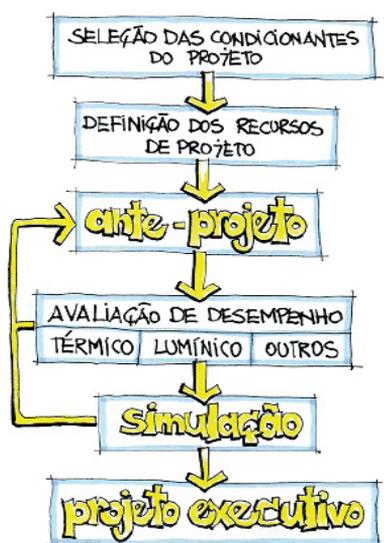


Figura 20 Método de projeto.

O esquema da Figura 20 ilustra um procedimento lógico de execução do projeto, podendo servir de base para outros métodos.

5.3.1 Análise do terreno

A análise do terreno inclui aspectos importantes como a legislação, dimensões, a orientação, topografia, presença de vegetação, água e outros edifícios ou barreiras que possam obstruir o vento e o sol. A legislação vigente, como por exemplo: o código de obra da cidade, estipula os afastamentos, o número máximo de pavimentos, e os recuos do edifício, entre outras determinações que podem influir no desempenho ambiental do mesmo. Mesmo sendo respeitados, os afastamentos e recuos laterais podem representar sombras indesejáveis no entorno da construção e falta de iluminação e ventilação natural nos ambientes internos dependendo dos elementos presentes no entorno. O número máximo de pavimentos não gera garantias na insolação adequada dos ambientes nem o acesso solar dos edifícios vizinhos.

A orientação permite identificar as melhores fachadas para distribuição dos ambientes, tendo como referência o acesso solar e a ventilação natural necessária ao longo do ano. Já o estudo da topografia, da presença de vegetação, de barreiras edificadas e água nas proximidades permite identificar os elementos que podem ser explorados e os que devem ser evitados como possíveis estratégias bioclimáticas a serem consideradas no projeto. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 261)

5.3.2 Análise do clima local

O clima fornece diversos fatores de como o projeto deve ser pensado. A análise climática informa quais estratégias bioclimáticas devem ser executadas em função do clima local e período do ano. Saber quais estratégias utilizar é um poderoso recurso na elaboração de qualquer projeto que vise o conforto e a eficiência energética. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 262)

5.3.3 Análise dos usuários e horários de uso

Esta análise define os parâmetros como a vestimenta mais provável que os ocupantes usarão nos ambientes, sua atividade, geometria do ambiente (que pode identificar problemas de desconforto visual e de assimetria térmica) e os horários críticos de uso, além de outros aspectos referentes aos usuários. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 262)

5.3.4 Programa de necessidades

O programa de necessidades básicas é definido após obter as informações dos itens anteriores. Deve incluir qualquer informação que possa ser útil ao projeto bioclimático (necessidade de iluminação e ventilação natural, sol ou sombra, necessidade de isolamento térmico condicionamento artificial, entre outros), estas informações adicionais ao programa de necessidades são um ferramenta de tomada de decisão que deve estar presente em todas as etapas do processo de projeto. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 262)

5.3.5 A função

A arquitetura considera que a função é ora consequência da forma, ora qua a forma segue a função. Segundo LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014, p. 262) “a alternativa mais correta seria considerar ambas com a mesma prioridade desde o início do projeto”. Mesmo qua a função a qual se destina a construção possa estar relacionada a uma forma preconcebida, ela é passível de sofrer modificações após a ocupação e uso do espaço. É possível que um projeto arquitetônico funcional possa tornar o uso desconfortável e ineficiente durante o desempenho de tarefas. Para se evitar isso, é necessário tomar ciência além das relações térmicas, acústicas e visuais, as relações antropométricas e proxêmicas entre o homem e o espaço. (Hall, 1981 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 262)

Segundo LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014, p. 262) “A função arquitetônica interage com a forma e a eficiência energética de um edifício. O mesmo projeto, se destinado a fins distintos como comércio ou habitação, pode resultar em comportamentos energéticos diferentes”. Isso explica como o estudo da função arquitetônica é de grande impacto na escolha de determinado critério ou estratégia bioclimática a se adotar. As funções residencial, comercial e pública são diferentes se for observar a dependência do clima e posteriormente seu consumo de energia.

5.3.6 A forma

A forma arquitetônica exerce influência no conforto ambiental e no consumo de energia. Ela interfere diretamente sobre os fluxos de ar no interior e exterior, na quantidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. A luz natural além de ser uma variável ambiental, também pode ser enfocada como elemento de projeto. A quantidade de radiação solar que incide em cada superfície externa de um edifício é variável segundo a orientação e a época do ano, portanto, o mesmo volume de espaço interior pode agregar formas distintas, com comportamentos

térmicos e visuais particulares. Desse modo, a forma arquitetônica é uma importante influência para as condições de conforto e para o desempenho energético da edificação. Modificando a distribuição das janelas, por exemplo, colocando-as em outra superfície ou modificando a área de envidraçamento, já pode exercer influência nas variações térmicas e visuais do microclima interno. (Riveiro, 1985 apud LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 264)

5.3.7 Os materiais construtivos

A especificação dos materiais construtivos é uma etapa delicada. É necessário observar a transmitância térmica do fechamento desejado, pois isso influencia no desempenho de trocas térmicas entre o interior e exterior. Outro ponto a se observar é a transmitância visível do material, propriedade que diz respeito à quantidade de luz que irá atravessar o elemento em direção ao ambiente interno e proporcionar iluminação natural e por conseguinte economia de energia. outro ponto a ser observado é a resistência térmica dos materiais empregados, variável relacionada ao isolamento térmico que cada material proporciona. O fator solar é outra variável a se observar, é relacionado com a quantidade de radiação solar que efetivamente penetra no ambiente pela fachada da edificação. A inércia térmica do material pode ser estimada através de sua capacidade térmica, assim como o atraso térmico que diz quanto tempo o calor levará para atravessar o material. A absorvidade é uma função da cor do material e indica o quanto do calor será absorvido e poderá ser emitido para o ambiente interior na forma de onda larga. A refletividade indica quanto do calor e da luz incidente serão refletidos para fora ou dentro do edifício. Outra variável importante a ser considerada é a sustentabilidade com o fato de que empregar materiais locais são mais adequados por exigirem menor gasto com transporte. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 268)

5.3.8 Integração das estratégias bioclimáticas

As estratégias bioclimáticas, podem ser muitas vezes contraditórias. A ventilação, que é uma solução para o verão, pode ser um problema no inverno. Estratégias como o aquecimento solar e o sombreamento também tem suas necessidades invertidas de acordo com a estação do ano. A iluminação natural pode significar aumento indesejável do calor no interior da edificação, então mesmo que reduza a necessidade de iluminação artificial, pode levar a um maior uso de refrigeração ou ventilação forçada. Estas variáveis também devem levar em consideração os aspectos acústicos, dependendo do projeto., já que um ambiente que necessite de boa acústica pode precisar ser isolado e ir de encontro com as estratégias

adotadas de ventilação e iluminação no projeto. Em resumo, para se desenvolver soluções que respondam às necessidades corretamente, os envolvidos no projeto devem utilizar as estratégias bioclimáticas de forma integrada e isso só se realiza com profissionais que possuem conhecimento teórico e empírico adequados. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 268)

5.3.9 A expressividade arquitetônica

Segundo LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014, p. 268), “Toda e qualquer decisão de projeto influi na expressividade arquitetônica”. Sendo assim, os elementos que fazem parte do sistema de arquitetura bioclimática podem e devem ser explorados pela expressividade de forma, textura e cor. Por exemplo, uma parede de tijolo maciços pode dar, além de boa inércia térmica, um aspecto mais aconchegante, familiar e até rústico à edificação. Uma expressividade arquitetônica satisfatória pode ser alcançada através de estudos de cada alternativa de projeto, ponderando o desempenho dos materiais construtivos a serem empregados e sua participação nas sensações visuais e sinestésicas que se deseja aplicar na experiência dos usuários. Por conta disso, estes estudos de alternativas e composições somente são mais eficazes se realizados desde o início do projeto, onde a maior parte das decisões ainda está sendo tomada e é mais fácil realizar alterações substanciais como por exemplo, tipo de telhado, cores, sistema construtivo e a própria implantação do projeto para que se alcance os resultados esperados e adequados às condições locais. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 269)

5.4 Técnicas de projeto bioclimático

os elementos e estratégias bioclimáticas a serem empregados no projeto, dependem principalmente da análise bioclimática e do terreno. De acordo com os dados obtidos na carta bioclimática, pode-se aplicar diversas técnicas.

5.4.1 Ventilação

As técnicas que podem ser aplicadas para ventilação natural são as seguintes:

- a) Usar a forma e a orientação: maximizar a exposição da edificação às brisas de verão, orientando o edifício corretamente e empregando recursos aplicáveis à sua forma. O estudo da forma e da orientação também pode explorar a iluminação natural e favorecer ganhos solares de calor.
- b) Projetar espaços fluídos: os espaços interiores fluídos permitem a circulação de ar entre os diversos ambientes internos e entre o exterior. Podem ser utilizados

diversos dispositivos para permitir a ventilação natural e ao mesmo tempo manter a privacidade dos interiores, como por exemplo venezianas ou elementos vazados. Em locais com invernos rigorosos, estes dispositivos podem ser fechados para evitar infiltrações e perdas de calor interior.

- c) Ventilação vertical: o ar quente por ser menos denso, tende a se acumular nas partes mais elevadas do interior de um determinado espaço. A retirada do ar quente pode criar um fluxo de ar ascendente gerado por aberturas em diferentes níveis. Isto pode ser feito por meio de lanternins, aberturas no telhado, exaustores eólicos ou aberturas zenitais.
- d) Direcionar o fluxo de ar para o interior: pode-se utilizar os elementos que se destacam da volumetria ou do entorno do edifício para maximar o volume e a velocidade do fluxo de ar para o espaço interno. Os elementos inclusive podem ser utilizados para o sombreamento de aberturas.

5.4.2 Resfriamento evaporativo e umidificação

É uma estratégia que consiste na retirada de calor do ar pela evaporação de água ou evapotranspiração das plantas. As técnicas de resfriamento evaporativo que podem ser utilizadas para reduzir a temperatura do ar são as seguintes:

- a) Construir áreas gramadas ou arborizadas: uma superfície com cobertura vegetal exposta ao sol, consome parte do calor para realizar a fotossíntese. Outra parte é utilizada para evaporar a água (evapotranspiração das plantas). Isso resulta na criação de um microclima mais ameno que refresca os espaços interiores da edificação.
- b) Resfriamento evaporativo das superfícies edificadas: esta técnica é utilizada para diminuir a temperatura das superfícies de uma edificação. Coberturas porosas absorvem a água da chuva e do sereno noturno, sendo evaporadas posteriormente com a incidência do sol, desse modo a telha perde calor, o que reduz os ganhos térmicos por condução e a temperatura radiante. O incremento desta técnica pode ser obtido com o umedecimento periódico do telhado nos dias mais quentes, através de tubulações perfuradas colocadas próximas à cumeeira. Uma alternativa é molhar as áreas pavimentadas com este tipo de tubulação, outra medida é cobrir as paredes externas da edificação com vegetação, já que a temperatura é reduzida através da evapotranspiração e sombreamento da radiação solar. Em regiões com climas bem delimitados, a aplicação de vegetação com folhas caducas implica em proteção no verão e ganhos solares no inverno.
- c) Resfriamento evaporativo indireto: a aplicação desta técnica consiste em soluções arquitetônicas como a instalação de um jardim ou tanque de água sobre o telhado. A incidência do sol provoca a evaporação da água ou a

evapotranspiração do vegetal, retirando o calor da cobertura. Dessa forma a superfície do telhado é resfriado e conseqüentemente há a diminuição da temperatura no ambiente interno.

- d) Umidificação: em regiões que possuem a umidade relativa do ar muito baixa (inferior a 20%), são passíveis de causar desconforto (mucosas ressecadas e princípios de desidratação, etc.). a solução adotada é umidificar o ar através da evaporação da água por meio de fontes ou espelhos d'água próximos à construção de forma que se possa criar um microclima no entorno.

5.4.3 Uso da inércia térmica

O uso da inércia térmica pode ser útil tanto no frio quanto no calor, de acordo com o clima local, sendo que para utilizá-la visando o aquecimento interno, deve-se optar por construir fechamentos opacos mais espessos e diminuir a área de aberturas, orientando-as ao sol. A inércia térmica tem como característica acumular o calor recebido pela parede e devolvê-lo ao interior somente à noite, quando as temperaturas tendem a ser mais baixas. Em locais frios essa técnica é ideal, mesmo que o ar externo esteja a temperaturas relativamente baixas, a insolação direta pode aquecer as paredes e a cobertura. Já em locais quentes, o uso da inércia térmica pode ser utilizado para resfriar os ambientes interiores. Para isso, deve-se optar pelo uso de aberturas sombreadas e evitar a ventilação diurna, que pode aumentar a temperatura dos espaços ao trazer o ar quente exterior. À noite, o uso da ventilação seletiva retira o calor acumulado durante o dia e garante temperaturas internas mais amenas no dia seguinte.

5.4.4 Aquecimento solar passivo

As técnicas para se obter o aquecimento solar passivo são as seguintes:

- a) Ganho direto: esta técnica consiste em permitir o acesso da radiação solar diretamente ao interior, por meio de aberturas laterais (janelas e paredes transparentes) ou zenitais (clarabóias e domos). Os elementos transparentes geram um “efeito estufa” que aquece os ambientes. Um exemplo de aplicação desta técnica são os solários.
- b) Ganho indireto: uma das técnicas para se obter um ganho indireto de aquecimento, é construir jardins de inverno, que captam a radiação solar e a distribui indiretamente aos ambientes. Outra opção é construir paredes de acumulação, que são constituídas de materiais de elevada inércia térmica nas orientações mais expostas à insolação, acumulando o calor e distribuindo ao ambiente por radiação de onda larga e convecção. A colocação de vidro evita que a parede perca calor por convecção e radiação para o exterior. Conhecida

por parede trombe, esta técnica consiste em criar uma convecção induzida pelo aquecimento do ar no espaço entre o vidro e a parede. O ar quente tende a subir, sugando mais ar fresco pela abertura inferior do sistema.

5.4.5 Ar-condicionado

Haverão casos em que as condições climáticas demandarão o uso do ar-condicionado como a forma mais eficiente para garantir o conforto térmico dos usuários. Para uma maior eficácia, há de se garantir a estanqueidade dos ambientes, evitando assim a infiltração do ar exterior, e utilizar aparelhos mais eficientes, observando a correta instalação do equipamento e prevendo o isolamento térmico dos fechamentos da construção.

Nos edifícios comerciais e públicos o uso do ar-condicionado geralmente se faz necessário já que o desconforto pode levar a baixa produtividade nos escritórios e perda de clientes. Mesmo neste caso há como se desenvolver soluções para minimizar o uso de ar-condicionado e consequentemente de energia elétrica. As técnicas já expostas podem não ser completamente eficazes em geração de conforto por conta das grandes cargas internas, geradas pela iluminação artificial, grande número de ocupantes e equipamentos. Porém LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA (2014, p. 277) aconselha adotar alguns critérios no projeto ou retrofit de edifícios antigos, com o objetivo de reduzir a demanda de climatização artificial:

- Redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas;
- Uso de proteções solares em aberturas;
- Uso de cores claras no exterior (reduz ganhos por radiação);
- Emprego da ventilação cruzada sempre que possível;
- Evitar ambientes sem contato com o exterior, pois não podem explorar a luz e a ventilação natural.

Um grande ícone das edificações comerciais modernas é a fachada de vidro. Quando não protegido, o vidro gera ganhos solares altos (efeito estufa), implicando em um consumo exagerado de energia para climatização artificial. Nessas situações é necessário a utilização de proteções solares para reduzir a incidência de radiação solar excessiva. No entanto deve sempre haver um equilíbrio já que bloquear a luz natural pode ocasionar em gastos excessivos de gasto com iluminação artificial. É aconselhável evitar o uso de vidros absorventes (fumê) pois eles reduzem consideravelmente a visibilidade para o exterior e a entrada de luz natural. Outro ponto a se observar em edifícios comerciais e públicos é a eficiência dos sistemas de ar-condicionado. Os problemas de consumo alto ligados ao equipamento de ar-condicionado podem ocorrer pela falta de manutenção, deficiência no isolamento dos dutos de ar ou tubulações de água,

superdimensionamento, equipamentos de baixa eficiência, entre outros. Com relação ao superdimensionamento, ele pode ser evitado ao se estimar a carga térmica dos ambientes.

5.4.6 Aquecimento artificial

É aconselhável o uso desta técnica quando a temperatura exterior não ultrapassa os 10,5 °C. para isso, é importante o bom isolamento térmico dos fechamentos, evitando a ventilação da cobertura, utilizando aberturas com vidro duplo e paredes com materiais de baixa condutividade térmica, evitando sempre a infiltração do ar externo.

5.4.7 Técnicas auxiliares para reduzir o consumo de energia

Além das estratégias bioclimáticas, a redução no consumo pode ser obtida com a aplicação de outras técnicas:

5.4.7.1 Cores em fachadas

A utilização de cores está relacionada com os conceitos físicos de conforto térmico e visual. Cores escuras podem aumentar o ganho de calor solar, da mesma forma que cores mais claras aumentam a reflexão à radiação solar, o que reduz os ganhos de calor pelos fechamentos opacos. No interior dos ambientes, o uso de cores mais claras por serem mais reflexivas, podem auxiliar os sistemas de iluminação natural e artificial.

5.4.7.2 Sistemas de aberturas

O sistema de aberturas possui diversas utilidades. É indispensável para o conforto, na promoção da ventilação, nos ganhos de calor solar, iluminação natural e contato visual com o ambiente exterior.

5.5 Legislação

nos países desenvolvidos, a crise de energia e o alto consumo nas edificações levaram à elaboração de normas de eficiência energética. Na Europa, diretrizes relativas ao desempenho energético dos edifícios foram aprovadas para implementação em 2006. Elas são medidas que visavam atingir a meta de redução de 8% das emissões de gases causadores do efeito estufa no período entre 2008 e 2012, conforme tratado no Protocolo de Kyoto. (Goulart e Lamberts, 2005 apud LAMBERTS,

DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 20). A preocupação com o efeito estufa e a degradação dos recursos ambientais nos Estados Unidos levou a reflexão e criação de novas leis que buscam melhorar a eficiência energética. O EAct de 2005 (*Energy Policy Act of 2005*), uma lei de 1.724 páginas, representa um esforço do governo Norte Americano em direção a uma política energética em edificações existentes e mesmo novas, obrigando os Estados Norte Americanos a terem normas de eficiência energética melhores ou iguais à ASHRAE Standard 90.1 (Standard 90.1, 2004). No Brasil, a lei nº 10.295 de 17 de Outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica, a qual visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. Essa lei tem como ponto fundamental o estabelecimento pelo Poder Executivo dos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, tendo como base indicadores específicos, também inclui a responsabilidade em se elaborar mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações.

Em dezembro de 2001 essa lei foi regulamentada pelo decreto nº 4.059 que, entre outras atuações, dá origem ao Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações. Este grupo tem como principais objetivos a avaliação da eficiência energética nas edificações, a criação de indicadores referenciais de consumo de energia nas edificações para certificação de sua conformidade com relação à eficiência energética e a determinação de requisitos técnicos para que os projetos a serem construídos atendam estes indicadores. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 20). O Brasil, além da lei e decreto supracitado, ainda possui normas referentes ao desempenho térmico e de iluminação natural. As normas de iluminação natural são as seguintes, segundo (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 20):

- NBR 15215-1 – Iluminação Natural – Parte 1: conceitos básicos e definições – descreve as variáveis e conceitos envolvidos no estudo e análise da iluminação natural em edificações numa espécie de grande glossário, que introduz o arquiteto e engenheiro aos termos mais importantes;
- NBR 15215-2 – Iluminação Natural – Parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural – descreve os procedimentos de cálculo para estimativa da disponibilidade de luz natural em um determinado lugar, dependendo da posição e mesmo da presença do sol no céu, o momento em questão (horário do dia e dia do ano), a posição geográfica do local (latitude e longitude) e o tipo do céu sobre análise (céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto). O valor obtido de iluminância do céu pode ser utilizado nos cálculos de iluminação natural em ambientes internos, tratados na NBR 15215-3.

- NBR 15215-3 – Iluminação Natural – Parte 3: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos – esta norma descreve o algoritmo utilizado no cálculo da Contribuição da Iluminação Natural (CIN), com significado semelhante ao do Fator de Luz Diurna (FLD), que determina a quantidade de luz natural em ambientes internos. A NBR 15215-3 também apresenta cartas solares a cada 4° de latitude para latitudes de 0° a até -36°
- NBR 15215-4 – Iluminação Natural – Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição – descreve métodos para a determinação experimental da iluminação interior. Esta norma fala sobre os instrumentos de medição e prescreve como os mesmos devem ser utilizados.

Há também no Brasil cinco normas de desempenho térmico em edificações, aprovadas em 2005:

- NBR 15220 – 1 – desempenho térmico de edificações – parte 1: definições, símbolos e unidades – apresenta as variáveis referentes ao desempenho térmico em edificações, suas definições, símbolos e unidades.
- NBR 15220 – 2 – desempenho térmico de edificações – parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações – descreve com exemplos os métodos de cálculo das referidas variáveis.
- NBR 15220 – 3 – desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – apresenta o zoneamento bioclimático e as diretrizes construtivas indicadas para cada região do Brasil. As diretrizes construtivas não estabelecem limites obrigatórios, mas faz recomendações de adequação da edificação às diferentes zonas bioclimáticas.
- NBR 15220 – 4 – desempenho térmico de edificações – parte 4: medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida – método de medição para laboratórios das referidas propriedades térmicas dos materiais construtivos.
- NBR 15220 – 5 – desempenho térmico de edificações – parte 5: medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico – outro método de medição para laboratórios das referidas propriedades térmicas dos materiais construtivos.

Selos de certificação de construção sustentável

A preocupação com o meio ambiente ganhou força a partir das crises do petróleo nos anos 70, essas crises trouxeram a luz nossa realidade com relação à dependência de recursos naturais e da grande demanda de energia exigida pela sociedade contemporânea. Por conta desses fatos, foi elaborado em 1987 o Relatório Bruntland, intitulado “*Our Common Future*” (Nosso Futuro Comum) para definir uma nova forma de desenvolvimento (BRUNTLAND, 1987 apud AULICINO, 2008, p. 1).

Atualmente, a visão que se tem de como se relacionar com o meio ambiente implica em tomar novas medidas de utilização dos recursos, a construção sustentável busca utilizar de forma racional o que há a disposição. O setor de construção civil é uma das atividades industriais que mais afetam o meio ambiente. 40% dos recursos naturais utilizados no mundo vão para esse setor, assim como 34% do consumo de água e 55% do consumo de madeira. Os resíduos de obra também são um problema, visto que 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos são provenientes dos canteiros de obras (CREDÍDIO, 2008 apud MARTINS, 2010, p. 21). Sendo assim, a indústria de construção civil tem enorme responsabilidade no desenvolvimento de soluções que gerem economia de recursos nos empreendimentos. Para (Martins, 2010, p. 22) “essas construções devem ser concebidas e planejadas a partir de várias premissas”. Premissas essas que segundo Assiz (2012, s.p.) devem ser: adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural.

Já a Câmara da Indústria da Construção, em seu Guia de Sustentabilidade na Construção (2008, p. 15) amplia esses princípios e define que uma construção sustentável deve possuir:

- a) Aproveitamento das condições naturais;
- b) Utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;

- c) Implantação e análise do retorno;
- d) Não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperatura e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- e) Qualidade ambiental interna e externa;
- f) Gestão sustentável da implantação da obra;
- g) Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- h) Uso de matérias-primas que contribuam com a eco eficiência do processo;
- i) Redução do consumo energético;
- j) Redução do consumo de água;
- k) Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- l) Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- m) Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

Estes princípios devem nortear um projeto de edifício inteligente. Eles estão baseados nos três pilares da sustentabilidade, demonstrado na Figura 21.

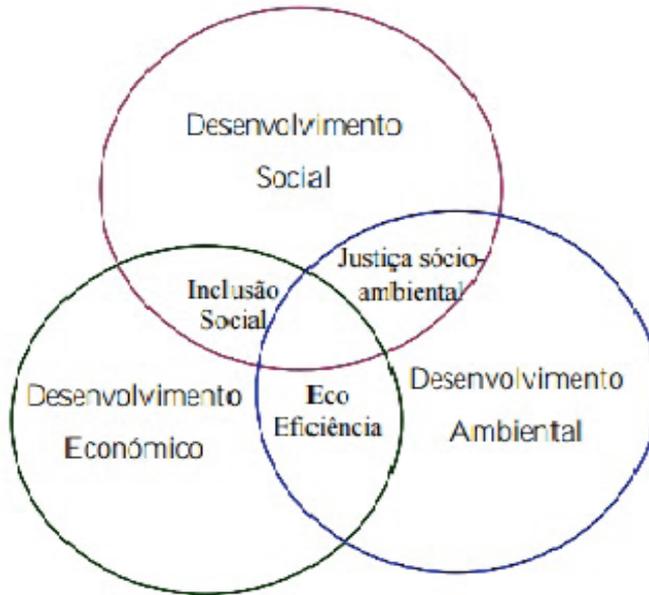


Figura 21 Os três pilares da sustentabilidade.

Fonte: Revista Visões (2008, s.p.) apud Pereira (2009, p. 17)

A Figura 22 mostra os benefícios que as construções proporcionam por se utilizar desses pilares:

Benefícios sobre os 3 pilares da Sustentabilidade	
Benefícios sociais	A sustentabilidade desenvolve a economia local através da geração de emprego e renda para os moradores do entorno, além de gerar empregos diretos e indiretos durante as obras e depois do edifício habitado, gera benefícios através dos impostos pagos e promove a integração de ocupantes (do empreendimento) com sua vizinhança e uma adequação arquitetônica com seu entorno, além de um criterioso planejamento do sistema de transportes, de comunicação, energia empregada, reutilização de água, políticas públicas etc.
Benefícios ambientais	Observa-se que empreendimentos sustentáveis podem ser concebidos e planejados para que suprimam menores áreas de vegetação, otimizem o uso de materiais, gerem menos emissões de resíduos durante sua fase de construção; demandem menos energia e água durante sua fase de operação; sejam duráveis, flexíveis e passíveis de requalificação e possam ser amplamente reaproveitados e reciclados no fim de seu ciclo de vida. Muitos dos benefícios ambientais se traduzem em ganhos econômicos, com a redução de custos de construção, uso e operação e manutenção das edificações.
Benefícios econômicos	Aumento da eficiência no uso de recursos financeiros na construção, a oferta de um retorno financeiro justo aos empreendedores, acionistas e clientes finais, a indução de aumento na produtividade de trabalhadores por estarem em um ambiente saudável e confortável.

Figura 22 Benefícios sobre os três pilares da sustentabilidade.

Fonte: Guia de Sustentabilidade na Construção (2008) apud Martins (2010, p. 23)

As vantagens de se optar por um empreendimento sustentável são diversas. Os ocupantes podem ter um adicional de produtividade de 2% a 16%, sendo 7% devido à iluminação adequada; 3% por conta do controle individual de temperatura; 2% controlando a ventilação; 1% por haver controle térmico e gera um decréscimo de 15% de ausências de trabalhadores, seja falta ou atraso (Credídio, 2008 apud Martins, 2010, p. 24). Devido a essa filosofia de trabalho e a busca constante dos empreendedores por essas soluções, surge a possibilidade de se obter uma certificação ambiental, dando respaldo perante a sociedade que determinado edifício seja reconhecido como sustentável. Disponibilizadas por organizações independentes e especializadas, essas certificações são concedidas conforme o empreendimento atenda a determinados requisitos, sendo que há variados níveis de capacitação, que varia conforme o critério de cada instituição concedente.

Sobre essas certificações no Brasil, o país segue as diretrizes dos Estados Unidos, que valorizam a racionalização de recursos com economia de água e energia. Nos países desenvolvidos, os denominados “Selos *Green Building*” divergem em critérios e privilegiam diversos aspectos da edificação. Em agosto de 2007 foi criado o Comitê Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), uma associação

civil sem fins lucrativos que prima pela promoção do desenvolvimento sustentável através da geração e disseminação de conhecimento e mobilização da cadeia produtiva da construção civil (MARTINS, 2010, p. 25).

Existem diversas Certificações concedidas por variadas organizações no Brasil. Todos possuem uma meta em comum: aliar ferramentas da arquitetura e engenharia com tecnologia para projetar e construir estruturas que gerem impactos mínimos para a natureza, aos ocupantes do edifício e vizinhança (MARTINS, 2010, p. 25). De acordo com o WRI (World Resources Institute), existem aproximadamente 340 selos de certificações, também denominados “*ecolabels*” que certificam produtos e serviços em mais de 40 países (CONSTRUIR SUSTENTÁVEL, 2015, s.p.). Para o estudo, o quadro 2 lista as principais certificações ambientais utilizadas no Brasil.

Quadro 2 Principais certificações “*Green Build*”.

Selo	Descrição	Categorias de análise
<p>Casa Azul Caixa</p> 	<p>Destinado a Empreendimentos imobiliários. Exige que a construção seja aprovada em 53 critérios entre obrigatórios e de livre escolha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Qualidade Urbana; – Projeto e Conforto; – Eficiência Energética; – Conservação de Recursos Materiais; – Gestão da água; – Práticas Sociais.
<p>LEED</p> 	<p>Leva em conta o impacto gerado ao meio ambiente em consequência dos processos relacionados ao edifício (projeto, construção e operação)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Espaço Sustentável; – Localização; – Entorno; – Eficiência no uso de água e energia; – Qualidade do ar; – Uso de materiais; – Qualidade ambiental interna; – Inovação e processos;
<p>Sustentax</p> 	<p>Selo desenvolvido pelo Grupo Sustentax para identificar e atestar a qualidade ambiental de produtos e serviços prestados por construtoras e incorporadoras.</p>	<p>Atesta a conformidade dos procedimentos de desenvolvimento do projeto;</p> <p>Seleção de materiais; Comprometimento com práticas ambientalmente corretas;</p> <p>Responsabilidade social e a disseminação de práticas que gerem economia evitem desperdícios e aumentam a produtividade.</p>

(continua)

Quadro 2 Principais certificações “Green Build”. (continuação)

Selo	Descrição	Categorias de análise
<p>Procel Edifica</p> 	<p>É um subprograma do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), do Governo Federal que tem como missão promover a eficiência energética nas edificações brasileiras, contribuindo para a conservação de energia elétrica. Não é uma certificação, e sim uma etiquetagem.</p>	<p>Os níveis de Eficiência Variam de A, mais eficiente até E, menos eficiente.</p>
<p>AQUA</p> 	<p>A certificação Aqua (Alta Qualidade Ambiental) é um processo de gestão de projeto implantado pela Fundação Vanzolini com o objetivo de obter a qualidade ambiental de um empreendimento de construção ou de reabilitação. Baseado na certificação francesa Démarche HQE.</p>	<p>Todo o processo conta com 14 categorias ou objetivos distribuídos em quatro bases de ação:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ecoconstrução; – Ecogestão; – Conforto; – Saúde.
<p>BREEAM</p> 	<p>Desenvolvido em 1990 e atualizado regularmente elevando os seus requisitos, avaliando edifícios com base em critérios relacionados ao bem-estar ambiental, atribuindo-lhes uma pontuação entre Aprovado, Bom, Muito Bom, Ótimo e Excelente.</p>	<p>Gestão da construção; Consumo de energia; Consumo de água; Contaminação; Materiais; Saúde e Bem-estar; Transporte; Gestão de Resíduos, Uso do terreno ecologia; Inovação.</p>
<p>CBCS</p> 	<p>A Câmara Brasileira da Construção Civil é uma OSCIP – Organização da sociedade civil de interesse público. Entidade de representação neutra, seu quadro social é composto por pessoas físicas e jurídicas e agrega membros dos mais diversos setores</p>	

(continua)

Quadro 2 Principais certificações “Green Build”. (continuação)

Selo	Descrição	Categorias de análise
<p>SUSHI</p> 	<p>SUSHI (Sustainable Social Housing Initiative) é um projeto desenvolvido pela United Nations Environment Programme (UNEP/PNUMA) com apoio da União Europeia para o estudo de práticas de construção sustentável no mundo, e foca em habitações de interesse social (HIS) em dois países em desenvolvimento: Tailândia e Brasil.</p>	
<p>DGNB</p> 	<p>A DGNB, instituição alemã que promove a sustentabilidade através de conceitos mais amplos</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Ecologia; – Economia; – Localização; – Sociocultural e Funcional; – Processos; – Aspectos Técnicos;
<p>ISO</p> 	<p>A ISO – Organização Internacional para Padronização, é uma entidade de padronização e normatização, criada em 1947 em Genebra, Suíça. A ISO nasceu para aprovar normas internacionais em todos os campos técnicos, produzindo normas técnicas. No Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.</p>	<p>Possui diversas normas certificadoras, dentre as principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> – NBR ISO 9001 – NBR ISO 14001 – NBR ISO 26000

Fonte: Construir Sustentável (2015, s.p.) e Revista Técnica (2010, ed. 155, s.p.)

6.1 Casa azul Caixa

O Selo Casa Azul é uma classificação socioambiental dos projetos habitacionais financiados pela Caixa, foi uma forma que a instituição encontrou de promover o uso racional de recursos naturais nas construções e a melhoria da qualidade da habitação. A principal missão do selo é reconhecer projetos que adotam soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção dos edifícios. O Selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à Caixa para financiamento ou nos programas de repasse. Podem se candidatar ao

Selo as empresas construtoras, o poder público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais. O método utilizado pela Caixa para a concessão do Selo consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento, que estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015, s.p.). A Figura 23 mostra os níveis de graduação que o selo concede:

Gradação	Atendimento mínimo
BRONZE	Critérios obrigatórios
PRATA	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
OURO	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Figura 23 Níveis de graduação Selo Caixa Azul.

Fonte: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2010, p. 21).

A adesão ao Selo é voluntária e o proponente deve manifestar o interesse em obtê-lo para que o projeto seja analisado sob a ótica deste instrumento. Com o Selo Casa Azul, a Caixa pretende estabelecer uma relação de parceria com os proponentes de projeto, fornecendo orientações para incentivar a produção de habitações mais sustentáveis (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015, s.p.).

6.2 LEED (leadership in energy and environmental design)

O LEED é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. A Certificação internacional LEED possui sete dimensões a serem avaliadas nas edificações, sendo que todas elas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, recomendações que quando atendidas garantem pontos a edificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos, nível certificado a 110 pontos, nível platina (GREEN BUILDING COUNCIL – GBC , 2015, s.p.). Dimensões Avaliadas pela Certificação:

- *Sustainable sites* (Espaço Sustentável) – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda

questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.

- *Water efficiency* (Eficiência do uso da água) – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.
- *Energy & atmosphere* (Energia e Atmosfera) – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.
- *Materials & resources* (Materiais e Recursos) – Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.
- *Indoor environmental quality* (Qualidade ambiental interna) – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
- *Innovation in design or innovation in operations* (Inovação e Processos) – Incentiva a busca de conhecimento sobre “*Green Buildings*”, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.
- *Regional priority credits* (Créditos de Prioridade Regional) – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

A Figura 24 demonstra os níveis de certificação.



Figura 24 Níveis de classificação LEED.

Fonte: Martins (2010, p. 31).

6.3 Sustentax

O propósito do Selo SustentaX é ajudar os consumidores na identificação de produtos, materiais, equipamentos e serviços sustentáveis. Os produtos, materiais, equipamentos e serviços com o Selo SustentaX foram analisados dentre outros, pelos seguintes critérios: Salubridade, Qualidade Responsabilidade Social, Responsabilidade Ambiental, Economia, Segurança, Comunicação com o consumidor e Regularização jurídico-fiscal. O programa do Selo SustentaX baseia-se nas diretrizes da norma brasileira NBR ISO 14024, primeira edição, de 30 de abril de 2004, que estabelece princípios e procedimentos para programas de rotulagem ambiental do Tipo I. O Programa de Rotulagem de Sustentabilidade “Selo SustentaX” é um programa de terceira parte, voluntário, que avalia os atributos essenciais, complementares e suplementares da sustentabilidade. A avaliação se dá além das questões ambientais previstas na ISO 14024, abrangendo características de salubridade e qualidade (funcional e ambiental) do produto, assim como as responsabilidades socioambientais e de comunicação com o consumidor (SELO SUSTENTAX, 2015, s.p.). Para obter o selo SustentaX, é necessário passar por 3 fases (SELO SUSTENTAX, 2015, s.p.):

- Fase 1 – Análise inicial de factibilidade
 - o É feita uma pré-análise para saber se o produto reúne as condições mínimas para obter o selo SustentaX
- Fase 2 – Análise do produto
 - o Assinatura de contrato e envio de listagem das documentações iniciais pela SustentaX;
 - o Envio por parte da empresa contratante e análise por parte da SustentaX das documentações iniciais referentes à Comprovação de Responsabilidade Socioambiental e na Comunicação;
 - o Orientação técnica para adequação de procedimentos;
 - o Definição do Escopo de Ensaio de Qualidade e Salubridade;
 - o Aguardo da realização dos testes por parte da empresa contratante;
 - o Avaliação da conformidade dos resultados;
 - o Adequação de processos;
 - o Avaliação final de acordo com critérios do Selo SustentaX.
- Fase 3 – Concessão do Selo Sustentax
 - o Formatação de folheto do produto;
 - o Consulta às partes interessadas do folheto;
 - o Concessão do Selo SustentaX.

A Figura 25 ilustra uma comparação entre os critérios que o selo SustentaX abrange em comparação com outras certificações.

SELOS INTERNACIONAIS X SELO SUSTENTAX 

Critérios de Avaliação	CRI ¹	FloorScore ²	Oeko-Tex 100 ³	Green Seal ⁴	Eco logo ⁵	Ecolabel ⁶	FSC ⁷	Selo Sustentax
Salubridade	●	●	●	●	●	●		●
Qualidade				●		●		●
Responsabilidade Ambiental					●	●	●	●
Responsabilidade Social		●					●	●
Comunicação Responsável							●	●

1 - Carpet and Rug Institute - Aplicado em carpetes e tapetes - EUA
 2 - Aplicado em pisos - EUA
 3 - Aplicado em tecidos - Austria/Alemanha
 4 - Aplicado em produtos em geral - EUA
 5 - Aplicado em produtos em geral - Canadá
 6 - Aplicado em produtos em geral - União Européia
 7 - Forest Stewardship Council - Manejo florestal responsável

Figura 25 Selos internacionais x Selo Sustentax.

Fonte: SeloSustentax (2015, s.p.)

6.4 PROCEL edifica (programa nacional de eficiência energética em edificações)

O Selo Procel Edifica, estabelecido em novembro de 2014, é uma certificação de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País. O PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. O PROCEL promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (PROCEL, 2015, s.p.). Buscando o desenvolvimento e a difusão desses conceitos, o PROCEL EDIFICA vem trabalhando através de 6 vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento (PROCEL, 2015, s.p.).

6.5 AQUA (alta qualidade ambiental)

A AQUA é um conceito holístico e por esta razão, fundamenta-se na análise do local do empreendimento e de seu programa de necessidades. Busca proporcionar condições ideais de conforto e saúde para os usuários, respeitando o meio ambiente e a sociedade, atendendo integralmente a legislação e obtendo viabilidade econômica por meio da análise do ciclo de vida dos empreendimentos. O AQUA-HQE é um processo de controle total de um empreendimento de construção ou de desenvolvimento urbano, fundamentado em planejamento e controle desde as etapas iniciais de definição do partido arquitetônico e urbanístico, passando pelo programa, pré-projeto, projeto, execução e operação (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015, s.p.). Visa atingir objetivos de desempenho sustentáveis nos níveis Base, Boas Práticas e Melhores Práticas de acordo com os indicadores que compõem os Referenciais de Certificação. Para garantir o controle, é requerido um Sistema de Gestão do Empreendimento. Segundo Fundação Vanzolini (2015, s.p.):

A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental e as classifica nos níveis BASE, BOAS PRATICAS ou MELHORES PRATICAS, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase pré-projeto. Para um empreendimento ser certificado AQUA, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com 3 categorias no nível MELHORES PRATICAS, 4 categorias no nível BOAS PRATICAS e 7 categorias no nível BASE.

A Figura 26 elucida as características mínimas para se adquirir a certificação.

Perfil Mínimo de desempenho para certificação



Base (B): Prática corrente ou regulamentar

Boas Práticas (BP): Boas Práticas

Melhores Práticas (MP): Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Figura 26 Perfil mínimo de desempenho para certificação.

Fonte: Fundação Vanzolini (2015, s.p.)

A Figura 27 demonstra os passos para esse objetivo.



Figura 27 Processo de certificação AQUA.

Fonte: Fundação Vanzolini (2015, s.p.)

6.6 BREEAM (building research establishment environmental assessment method)

O sistema de certificação BREEAM surgiu nos anos 90 sendo um dos pioneiros na determinação de critérios de desempenho relacionados à redução dos impactos ambientais gerados pelas atividades da indústria da construção civil, e pelos seus empreendimentos ao longo de toda sua vida útil. A certificação tem mais de 200 mil edifícios certificados e mais de 1 milhão registrados desde 1990. Primeiramente introduzido na Grã-Bretanha, possui presença importante na Europa, e atualmente há um crescimento do interesse neste selo globalmente, inclusive no Brasil. Estão entre as vantagens da obtenção do selo BREEAM (OTEC, 2015, s.p.):

- A metodologia BREEAM oferece maior visibilidade das emissões de CO₂ no processo de construção;
- O processo de documentação dos critérios de desempenho, apresentados como créditos, permite um consistente estudo de materiais especificados e de seu ciclo de vida;
- A flexibilidade na seleção dos critérios de desempenho, apresentados como créditos, permite um consistente estudo de materiais especificados e de seu ciclo de vida.

- A flexibilidade na seleção dos critérios oferece uma certificação personalizada, que atende inclusive aos projetos de tipologia única ou não convencional, e que buscam um nível alto de sustentabilidade e visibilidade;
- Em muitos casos, é possível utilizar as próprias normas e regulamentos de construção no Brasil, em lugar das normas estrangeiras, o que facilita os processos de projeto e de avaliação.

A Figura 28 mostra os países e continentes onde a certificação está presente. O selo BREEAM é uma certificação abrangente e com amplo respaldo mundial.



Figura 28 Países e regiões de atuação selo BREEAM.

Fonte: BREEAM (2015, s.p.)

6.7 CBCS (câmara brasileira da construção sustentável)

O CBCS é uma OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público), de âmbito nacional, criada em agosto de 2007 como resultado da articulação entre lideranças empresariais, pesquisadores, consultores, profissionais atuantes e formadores de opinião. É uma entidade de representação neutra, seu quadro social é composto por pessoas físicas e jurídicas e agregam membros da academia, fabricantes, construtoras, projetistas, representantes de governo, associações e entidades de diferentes segmentos da construção civil no Brasil (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS, 2015, s.p.).

6.8 SUSHI (sustainable social housing initiative)

O SUSHI é um projeto desenvolvido pela “*United Nations Environment Programme*” – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP/PNUMA) com apoio da União Europeia – EU, para o estudo de práticas de construção sus-

tentável no mundo, e foca em habitações de interesse social (HIS) em dois países em desenvolvimento: Tailândia e Brasil (CBCS, 2015, s.p.).

A estratégia do Projeto SUSHI consiste em estabelecer uma nova abordagem junto aos “*stakeholders*” e mostrar oportunidades dos novos modelos de HIS para o setor da construção (oportunidades de negócios, empregos verdes, etc.), governo (geração de menores gastos com saúde, aumentar a produtividade dos trabalhadores, melhorar a capacidade de aprendizado das crianças), sociedade (geração de riqueza, menos poluição) agentes financeiros (novas oportunidades de financiamentos, melhores garantias, evitar obsolescência prematura da habitação) e, principalmente, para as famílias que nestas habitações irão morar com mais qualidade de vida (CBCS, 2015, s.p.).

O objetivo do Projeto SUSHI é conceituar habitação de interesse social e sua interação com o meio urbano, estabelecer metodologia e diretrizes capazes de direcionar projetos arquitetônicos e especificação técnica da habitação no sentido de obter um lar eficiente no uso de energia e no consumo d’água, durável, confortável, saudável, fácil de manter, econômico nos gastos com a habitação e adequado a cultura local. Assim, a equipe brasileira do Projeto SUSHI criou uma rede de parceiros para discussão dos aspectos de sustentabilidade nas habitações de interesse social no Brasil para desenvolver uma metodologia para aplicação e difusão desses conceitos em projetos de habitações de interesse sociais mais adequados às necessidades e bem-estar das famílias (CBCS, 2015, s.p.).

Para isso, o CBCS, que lidera esse projeto no Brasil, além da parceria com a UNEP/PNUMA, agregou instituições que trazem pessoas de renomada experiência em HIS, eficiência energética, conforto térmico e uso racional da água, como Caixa Econômica Federal, Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo e Secretaria da Habitação do Estado de São Paulo SH-CDH, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, FEC-Unicamp, Universidade Federal de Santa Catarina e Fábio Feldmann Consultores (CBCS, 2015, s.p.).

6.9 DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)

Selo de certificação sustentável da Sociedade alemã de Construção Sustentável (DGNB) foi introduzido no Brasil em 2012, dividido nas categorias Ouro, Prata e Bronze. É um pouco diferente das outras certificações, pois ele classifica prédios que foram construídos ecologicamente, com poupança de recursos, eficiência econômica e voltados para o conforto do usuário. O selo não avalia somente a compatibilidade ambiental, mas também as qualidades de construção pelos pontos de vista econômico e sociocultural.

A DGNB foi fundada em 2007, em Stuttgart e é formada por especialistas da indústria da construção e imobiliária, entre eles o renomado arquiteto, engenheiro e professor Wernes Sobek: “a certificação DGNB enfoca metas, não ações individuais” explica (CONSTRUIR SUSTENTÁVEL, 2015, s.p.). As categorias de avaliação são baseadas nos seguintes critérios (DGNB, 2015, s.p.):

- Ecologia
 - o Avaliação de impactos do ciclo de vida;
 - o Impacto sobre o ambiente local;
 - o Compra responsável de materiais;
 - o Demanda de água potável e volume de água usado;
 - o Uso da terra.
- Economia
 - o Custo do ciclo de vida;
 - o Flexibilidade e adaptabilidade;
 - o Viabilidade comercial.
- Localização
 - o Meio ambiente local;
 - o Condições sociais e imagem pública;
 - o Acesso a transportes;
 - o Acesso a serviços.
- Sociocultural e Funcional
 - o Conforto térmico;
 - o Qualidade do ar interior;
 - o Conforto acústico;
 - o Conforto visual;
 - o Controle do usuário;
 - o Qualidade dos espaços exteriores;
 - o Segurança;
 - o Acessibilidade;
 - o Acesso público;
 - o Design e qualidade urbana;
 - o Arte pública integrada.
- Processos
 - o Compreensão e qualidade técnica do projeto;
 - o Integração de design;
 - o Conceito arquitetônico;
 - o Aspectos de sustentabilidade na fase inicial;
 - o Documentação e manuais para gerenciamento do edifício;
 - o Impacto ambiental da construção;
 - o Fiscalização da qualidade das obras;
 - o Comissão sistemática.

- Técnicos
 - o Segurança à incêndios;
 - o Acústica;
 - o Qualidade térmica da estrutura;
 - o Adaptabilidade de sistemas técnicos;
 - o Manutenção e limpeza;
 - o Demolição e desmonte.

6.10 ISO (international organization for standardization)

A ISO é uma entidade de padronização e normatização, criada em 1947 em Genebra, Suíça. A ISO nasceu para aprovar normas internacionais em todos os campos técnicos, produzindo normas técnicas. No Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, é o maior desenvolvedor de normas internacionais voluntárias. Produz normas internacionais para as especificações de produtos, serviços e boas práticas, o que ajuda a indústria ao torna-la mais eficiente e eficaz. Desenvolvido através de um consenso mundial, a organização ajuda a quebrar barreiras ao comércio internacional (CONSTRUIR SUSTENTÁVEL, 2015, s.p.).

6.10.1 ISO 9001

A norma NBR ISO 9001 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos concede um modelo de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade em uma organização (ABNT NBR ISO 9001, 2000, p. 2).

Segundo a ISO 9001 (2000, p. 2):

Para uma organização funcionar de maneira eficaz, ela tem que identificar e gerenciar diversas atividades interligadas. Uma atividade que usa recursos que é gerenciada de forma a possibilitar a transformação de entradas em saídas pode ser considerada um processo. Frequentemente a saída de um processo é a entrada para o processo seguinte.

A aplicação de um sistema de processos em uma organização, junto com a identificação, interações desses processos e sua gestão, pode ser considerada como “abordagem de processo”.

6.10.2 ISO 14001

Organizações de todos os setores estão preocupadas cada vez mais em atingir e demonstrar desempenho ambiental correto, por meio do controle dos impactos de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente. Com uma legislação ambiental cada vez mais exigente, políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção do meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelos interessados em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (ABNT NBR ISO 14001, 2004, p. V). Muitas organizações têm efetuado análises ou auditorias ambientais para avaliar seu desempenho ambiental. No entanto, estas ações podem não ser suficientes para proporcionar a uma organização a garantia de que seu desempenho não apenas atenda, mas continuará a atender aos requisitos legais de sua política. Para tornar essas atividades eficazes, se faz necessário que os procedimentos sejam realizados dentro de um sistema da gestão estruturado que esteja integrado na organização ABNT NBR ISO 14001, 2004, p. V). Segundo a NBR ISO 14001 (2004, p. 1):

Esta Norma especifica os requisitos relativos a um sistema da gestão ambiental, permitindo a uma organização desenvolver e implementar uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e outros requisitos por ela subscritos e informações referentes aos aspectos ambientais significativos. Aplica-se aos aspectos ambientais que a organização identifica como aqueles que possa controlar e aqueles que possa influenciar. Em si, esta Norma não estabelece critérios específicos de desempenho ambiental.

Todos os requisitos desta Norma se destinam a ser incorporados em qualquer sistema da gestão ambiental. A extensão da aplicação dependerá de fatores tais como a política ambiental da organização, a natureza de suas atividades, produtos e serviços, o local e as condições nas quais o sistema funciona. Esta Norma também provê, no anexo A, diretrizes informativas sobre o uso da especificação.

6.10.3 ISO 26000

Esta última década tornou o assunto da Responsabilidade Social Corporativa (RSC) uma demanda real das partes interessadas, chamados “*stakeholders*”. Isso fez com que o conhecimento dos procedimentos e das normas referentes ao assunto se transformasse em uma questão obrigatória no mundo corporativo. (Ribeiro, 2011 apud Lima, 2013 p.2). Com a visão de fornecer orientação às or-

ganizações, a ISO publicou em 1 de novembro de 2010 a ISO 26000 – Diretrizes sobre responsabilidade social. O que diferencia esta norma é o fato de ela não normatizar um sistema de gestão. Não há regras obrigatórias, o que faz com que seu cumprimento não seja certificável. A ISO 26000 apresenta somente diretrizes para a responsabilidade social e visa ser útil para todos os tipos de organizações em todos os setores, grandes ou pequenas, com operações em países desenvolvidos ou em desenvolvimento (ISO, 2010 apud Lima, 2013, p. 2).

A publicação da ISO 26000 demonstrou que não há como se apresentar requisitos certificáveis para um sistema de responsabilidade social. As demais normas certificáveis, ISO 14001 e 9001 são utilizadas em muitas organizações devido à credibilidade dos critérios técnicos e processos de construção, o que resulta em grande adesão pelas organizações e terminam por ser indutoras de novas formas de gestão. Essa falta de certificação pode levar aos interessados questionar a utilidade e possíveis vantagens competitivas ao aderir a norma (Melo, 2006 apud Lima, 2013, p. 3). A norma ISO 26000 serve de orientação para as organizações sobre os princípios referentes à responsabilidade social, onde se reconhece o papel dos “*stakeholders*” e as maneiras de incorporar comportamento socialmente responsável às organizações. Apresenta temas centrais relevantes para qualquer organização. Esses temas contêm questões que devem ser avaliadas e identificadas as que possam ser úteis de acordo com a sua própria característica organizacional (LIMA, 2013, p. 5).

Edifícios inteligentes pelo mundo

O avanço da automação permite que as construções atuais consumam menos da metade da energia utilizada em prédios antigos. A seguir são apresentados alguns dos edifícios mais inteligentes do mundo, inclusive no Brasil.

7.1 Sede da Environmental Systems Inc.

A sede da Environmental Systems Inc. em Brookfield, Wisconsin é considerada um dos mais inteligentes edifícios do mundo, automatizado de tal forma que até os extintores de incêndio são controlados pela internet. Esse edifício comercial é um grande exemplo de alta tecnologia em construções e possui sistemas que reduzem significativamente seus custos operacionais. A construção recebeu nota 98 pela Energy Star, com redução de 33 por cento nos custos em comparação à sede anterior, mesmo o novo edifício sendo 10 mil metros quadrados maior (ARCHITIZER, 2014, s.p.).

Desenvolvido para reduzir custos de operação e impacto ambiental, o edifício foi construído para receber a certificação LEED, ao utilizar aplicações inovadoras de tecnologia de ponta nos sistemas para gerenciamento da construção e design. O lobby do edifício conta com monitores de tela fina que mostram em tempo real informações sobre a performance. Esses parâmetros incluem medições relacionadas à energia, sistema de ar-condicionado (HVAC), luzes e tomadas. O sistema de alarme é conectado ao BAS (*Building Automation System*), enquanto o sistema monitora os extintores de incêndio e assegura que eles possuem a pressão adequada, estão instalados corretamente e não há obstruções (ARCHITIZER, 2014, s.p.).

A Figura 29 apresenta a fachada principal do edifício, composto de elementos mistos.



Figura 29 Sede da Environmental Systems Inc.

Fonte: ARCHITIZER (2014, s.p.)

7.2 Edifício Al-Bahr, Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos

Projetado pelo escritório de arquitetura *Aedas Architects*, o diferencial deste edifício consiste de um sistema dinâmico e inovador de sombreamento interno projetado para reduzir a insolação em 50%. A fachada do empreendimento foi inspirada no tradicional sistema de treliças árabes, chamadas *Mashrabiya* (Architizer.com, 2014, s.p.).

Enquanto a maioria dos prédios no oriente médio é desenvolvido para lidar com o ganho solar em uma região quente e árida, as torres Al-Bahr têm seu design diferenciado por conta de sua fachada. No projeto das torres, o ponto chave foi considerar o renovado interesse em eficiência energética em Abu Dhabi, além do desejo de se utilizar tecnologia moderna para a realização do empreendimento. Uma forma circular foi proposta para essa eficiência e reduzir a área de superfície, que foi refinada frequentemente até se obter sua forma final. O processo de design foi realizado por meio de parâmetros e algoritmos de computador (CTBHU, 2013, s.p.).

Os componentes móveis da fachada são compostos de painéis semitransparentes de PTFE (politetrafluoretileno) combinados em um esquema semelhantes a guarda-chuvas. Cada painel abre e fecha conforme a incidência direta solar nos painéis, o que permite que a luz solar penetre indiretamente enquanto se bloqueia os raios solares responsáveis pelo calor. dessa forma o sistema aumenta o conforto térmico e reduz a necessidade de luz artificial no interior (CTBHU, 2013, s.p.). Os jardins de inverno internos estão localizados ao longo da fachada sul do

edifício, que em conjunto com o exterior ajuda a aliviar os efeitos da exposição solar. Eles também servem para o conforto dos usuários, que utilizam os espaços para reuniões ou pausas. Na Figura 30 é possível perceber a fachada diferenciada que é inspirada nas treliças árabes.



Figura 30 Torres Al-Bahr.

Fonte: CTBHU (2013, s.p.).

A Figura 31 demonstra o processo que ocorrem nas fachadas. Conforme o necessário, é permitido controlar o nível de insolação interna.

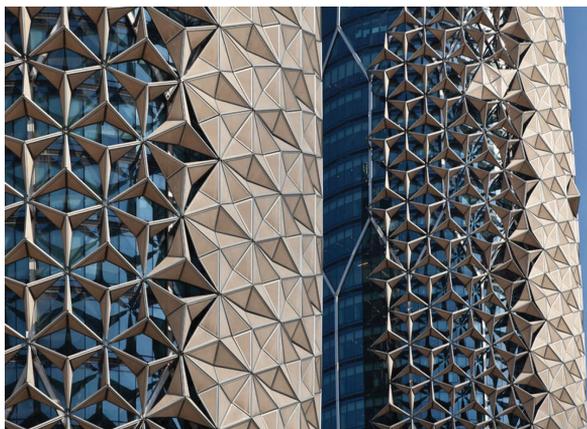


Figura 31 Torres Al-Bahr, detalhe das fachadas.

Fonte: ARCHITIZER (2014, s.p.).

7.3 Nasa Sustainability Base, Moffett Field, Califórnia

O novo complexo da NASA (Administração da Aeronáutica e Espaço – *National Aeronautics and Space Administration*) não é como um edifício governamental padrão. O edifício conta com uma inteligente tecnologia de controle inspirado no programa da agência para segurança de aeronaves. Essa tecnologia foi usada para controlar diferentes zonas no edifício e providenciar dados em tempo real sobre o fluxo de ar entre toda a estrutura. Desenvolvido pelo escritório de arquitetura William McDonough Partners, conhecido por seu design “berço ao berço”, primeiramente utilizou materiais que foram recuperados, renovados ou reciclados (ARCHITIZER, 2014, s.p.).

A aparência estética e funcional se baseia em dois conceitos essenciais: design correspondente ao local e biofilia (amor à natureza). O complexo foi certificado com selo LEED Platinum, sendo a primeira instituição federal a recebê-lo. Em resposta às necessidades da indústria da construção por métodos e ferramentas para entender e controlar energia e sistemas de água, a NASA contribui com sua expertise em aviação, TI, veículos de exploração espacial e habitats para construir o ambiente. Com o apoio do selo LEED, a base de sustentabilidade é única nessa utilização da NASA (MCDONOUGH PARTNERS, 2013, s.p.). Foram utilizados na construção células de combustível BloomBox® ES-5700. As células de combustível captam mais eletricidade que a o pico de demanda em todo o complexo, exportando o excesso para a rede de energia local (MCDONOUGH PARTNERS, 2013, s.p.).

O sistema de gerenciamento de energia é um sistema de controle inteligente e adaptável. As análises e intervenções do sistema foram desenvolvidos primeiramente para a indústria aeroespacial e são aplicados no edifício de forma a otimizar as operações, detectar falhas de fornecimento, prover manutenção de acordo com a falha e conforto para os usuários. Mais de 2000 sensores geram dados, instantaneamente ou em intervalos programados. Os administradores do edifício usam esses dados gerados e os pesquisadores de sistemas inteligentes acessam esses dados para detectar anormalidades, antecipar falhas, e produzir estudos sob demanda (MCDONOUGH PARTNERS, 2013, s.p.).

Os sistemas de aquecimento/resfriamento combinam estratégias passivas (Hidrônio Geotermal) e ativas (dissipadores de calor) para otimizar o uso de energia, as duas “asas” da construção foram concebidas para maximizar a ventilação natural. Janelas automatizadas, persianas inteligentes e iluminação eficiente integrado com sensores de luz contribuem com as opções de otimização. A fachada permite penetração da luz solar e a escolha arquitetônica de externalizar a estrutura garante estabilidade contra movimentos sísmicos, maximiza o espaço interno utilizável e a consistência visual do edifício (MCDONOUGH PARTNERS, 2013, s.p.). A NASA desenvolveu um sistema de reaproveitamento

de águas cinzas para a Estação Espacial Internacional, onde a reciclagem de água ocorre em um circuito fechado. Na construção, as águas são reaproveitadas para uso em sanitários, o que reduz a demanda por água. O edifício utiliza menos de 3 galões de água por dia por cada usuário, o padrão industrial é de 7 galões (MCDONOUGH PARTNERS, 2013, s.p.). A Figura 32 mostra o edifício da Nasa Sustainability Base.

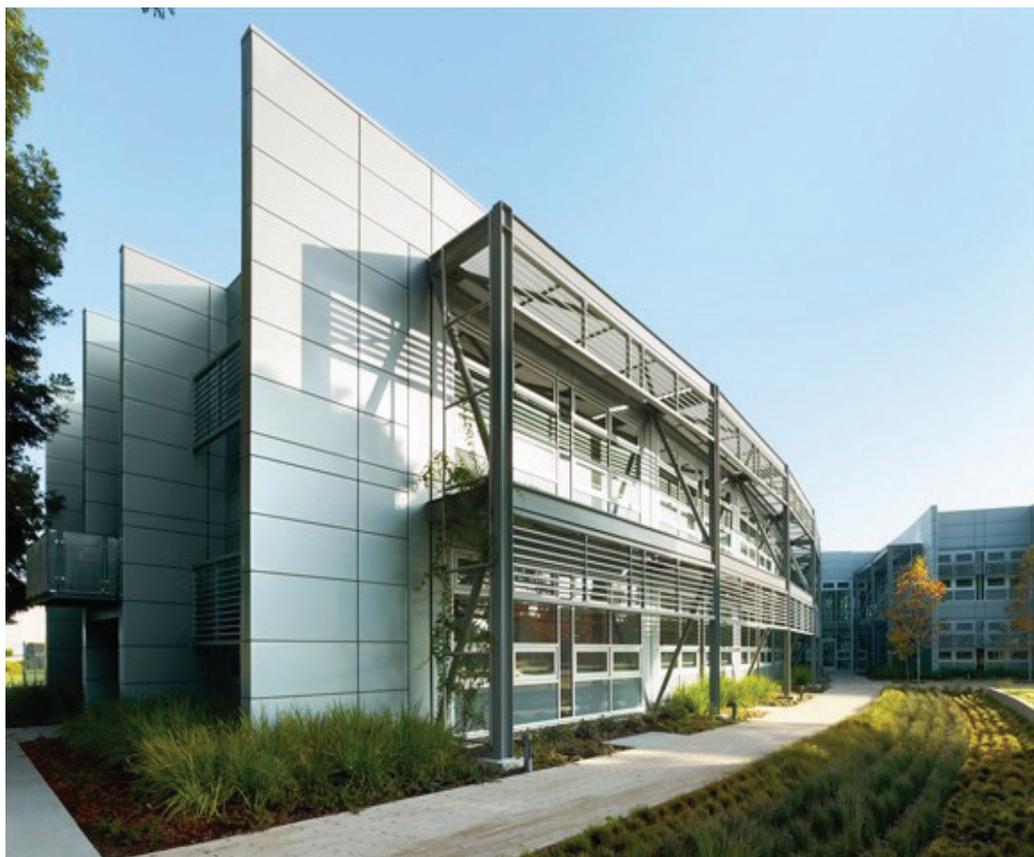


Figura 32 Nasa Sustainability Base.

Fonte: MCDONOUGH PARTNERS (2013, s.p.).

A Figura 33 elucidada algumas das soluções adotadas no interior do edifício. Claraboias para iluminação natural, utilização de forros que reduzem o calor, vão livre interior sem pilares para uma maior flexibilidade na utilização do espaço, entre diversas.

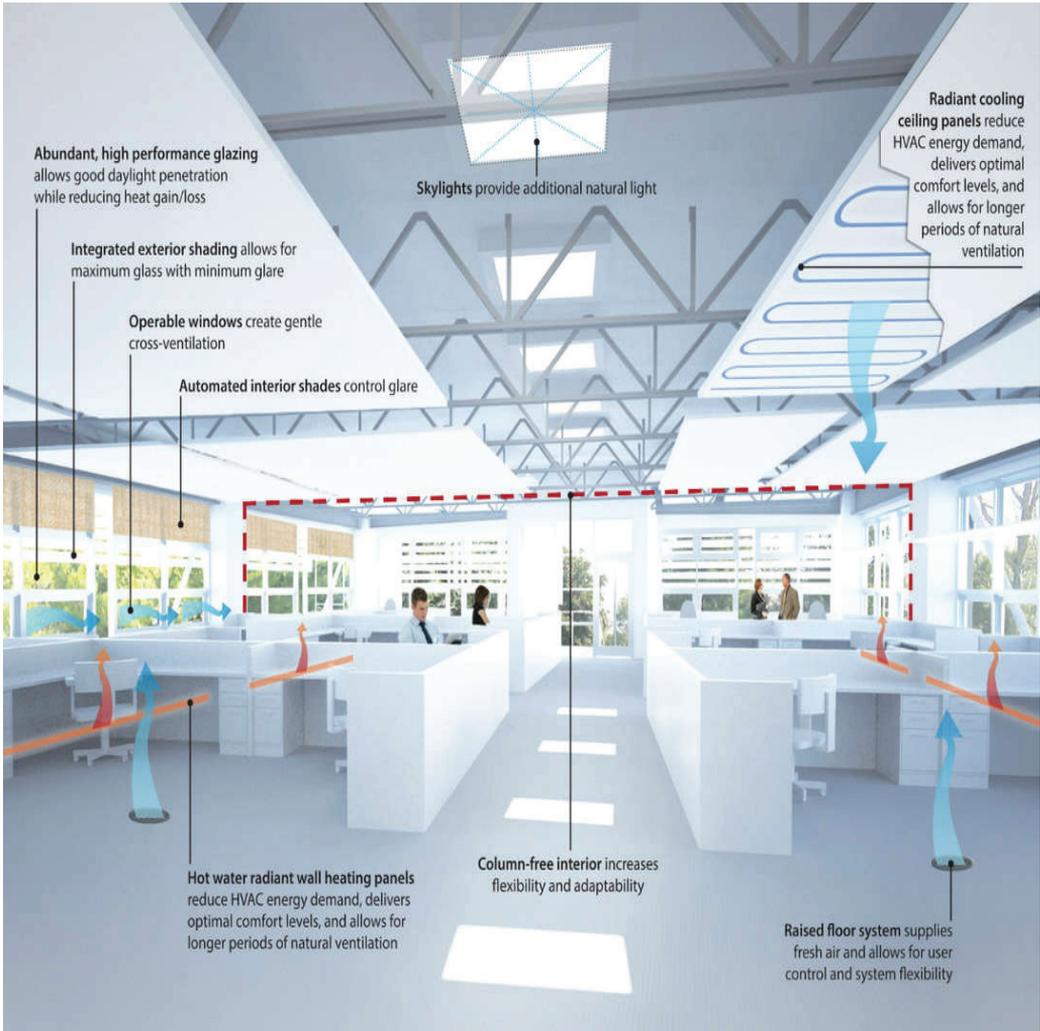


Figura 33 Tecnologias do edifício NASA.

Fonte: ARCHITIZER (2014, s.p.).

7.4 Eldorado Business Tower; São Paulo; Brasil

O Eldorado Business Tower (Figura 34), edifício com uma arquitetura marcante e imponente, localizado na Av. das Nações Unidas, região da Marginal Pinheiros em São Paulo, obteve o selo LEED Platinum. Os principais resultados que demonstram a alta performance do edifício são (IBDN, 2012, s.p.):

- 33% de economia no consumo de água potável, comparado ao padrão norte-americano;

- 100% de economia de água potável para irrigação;
- 18% de economia no consumo de energia;
- 74% de todo resíduo gerado na obra foi desviado de aterros;
- 30% de todo material empregado é de origem reciclada;
- 50% de todo material adquirido é de origem local;
- 95% de toda madeira é certificada pelo FSC (Forest Stewardship Council);
- 25% de redução da vazão e volume de água lançada na rede pública durante as chuvas.



Figura 34 Edifício Eldorado Business Tower.

Fonte: IBDN (2012, s.p.).

7.5 Ventura Corporate Towers; Rio de Janeiro; Brasil

As duas torres (Figura 35), atualmente ocupadas pela Petrobrás e pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) estão localizadas na Cidade Nova. O empreendimento contou com diferentes tecnologias que reduzem o impacto sobre o meio ambiente tanto na obra quanto no dia a dia dos usuários. As duas torres, cada uma com 36 andares, totalizam 170 mil metros quadrados de área construída, sendo 106 mil metros quadrados de área locável (IBDN, 2012, s.p.). O prédio inteligente permite que a intensidade da luz seja avaliada através de sistemas de computador. Em dias nublados, a luz artificial é

intensificada nos ambientes, já em dias com sol, o sistema reduz a iluminação. Vidros especiais fazem parte do sistema, eles garantem a iluminação natural e o conforto térmico no interior do edifício. Há também sistemas de controle de descarte de entulho e reciclagem de lixo (IBDN, 2012, s.p.).



Figura 35 Ventura Corporate Towers.

Fonte: IBDN (2012, s.p.).

Estado da arte de edifícios inteligentes

O estado da arte dos edifícios inteligentes é difícil de mensurar visto que as tecnologias que o agregam evoluem de forma constante e acelerada. Portanto, o que se lista a seguir são os apenas alguns conceitos e tendências de tecnologias, visando mostrar o que há de mais novo neste segmento tecnológico. Além de novos conceitos, as novas tendências tecnológicas de um edifício inteligente é um assunto em franca expansão.

8.1 Edifícios de energia zero

Nos últimos anos, a falta de chuva em volume adequado além de prejudicar o abastecimento de água, coloca em risco a geração de energia elétrica, essa preocupação impulsiona a inovação na busca por soluções sustentáveis tanto para o abastecimento quanto em energia renovável e energia zero. O conceito de energia zero está tomando cada vez mais força no mercado de energias renováveis a ponto de se tornar tema de pesquisas em universidades brasileiras como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), no desenvolvimento de tecnologias capazes de tornar mais eficiente a produção e o consumo deste tipo de energia (ECOCASA, 2014, s.p.).

Chama-se energia zero a forma como toda a eletricidade necessária para o funcionamento de uma edificação é produzida por ela mesma. O sistema mais comum é aquele em que a eletricidade é produzida por painéis fotovoltaicos, que transformam o fóton em corrente elétrica, com custo variável de acordo com o tamanho do projeto e de quanta energia deve ser produzida para o pleno funcionamento da edificação (ECOCASA, 2014, s.p.). O conceito de energia zero é relativamente novo, não é totalmente definido e aceita muitos parâmetros diferentes.

Os edifícios residenciais, comerciais e públicos, segundo relatório do Ministério de Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – instituições federais – são responsáveis por aproximadamente 47% de toda a eletricidade consumida no Brasil (JORNAL DA UNICAMP, 2012, p. 11). No futuro, toda a energia consumida por uma família em atividades cotidianas como aquecer água, utilizar aparelhos eletrodomésticos ou mesmo recarregar um veículo elétrico, será fornecida pelo próprio edifício por meio de fontes renováveis, afirma o engenheiro e professor da Escola de Projeto, Construção e Planejamento da Universidade da Flórida, Charles Kibert. Para ele, o “Santo Graal” para a sustentabilidade energética da construção civil (setor que consome um terço de toda a energia produzida no mundo) serão os edifícios de Energia Zero ou *Zero Energy Buildings* – ZEBS, que produzem mais energia que consome ao longo de um ano (REVISTA EXAME, 2010, s.p.).

8.2 Internet das coisas (IOT – *internet of things*)

O termo internet das coisas (IoT) ou internet de tudo, se refere ao conceito de que todos os objetos computadorizados podem estar ligados entre si através do uso da internet, para a troca de informações e tomada de decisões em função das informações coletadas. Por exemplo, um carro sem motorista poderia receber informações de sistemas de pedágio e do trânsito para então traçar a melhor rota ao destino (ALLTOMATIC, 2015, s.p.).

A ideia é tornar o mundo físico e o digital em um só, pelos dispositivos que se comunicam entre si, os data centers e a computação em nuvem. Essa tendência de conectar objetos é discutida desde 1991, quando a conexão TCP/IP e a internet começaram a se popularizar. Bill Joy, cofundador da Sun Microsystems, pensou sobre a conexão dispositivo-dispositivo (D2D – *Device to Device*), tipo de ligação que faz parte de um conceito maior, o de “várias webs”. Já em 1999, Kevin Ashton do MIT propôs o termo “Internet das Coisas” e dez anos depois escreveu o artigo “A coisa da Internet das coisas” para o RFID Journal (ZAMBARDA, 2015, s.p.).

Como exemplo de aplicação da IoT, a fabricante de elevadores Thyssenkrupp com a Microsoft desenvolveram um sistema inteligente e online para monitorar os elevadores através de callcenters e técnicos. O software funciona em grandes redes de computadores e de mesa e portáteis, além de ser executado em um aplicativo para tablets com Windows. Nos dias de hoje são muitos os objetos conectados: geladeiras, óculos, elevadores e carros. A rede pode intervir em pequenos *gadgets* ou em infraestruturas complexas, diante disso vêm surgindo iniciativas, que envolvem grandes empresas para unificar a internet das coisas. A fabricante de computadores Dell, e as empresas Samsung e Intel, por exemplo,

se uniram em julho de 2014 para exatamente padronizar as conexões, em um grupo chamado “Consórcio de Interconexão Aberta” (OIC – *Open Interconnect Consortium*). A proposta é criar um protocolo comum para garantir o bom funcionamento da conexão entre os mais variados dispositivos. Essa não é a única iniciativa neste sentido, em dezembro de 2013 foi arquitetado o grupo Allseen Alliance, que tem 51 empresas participantes, entra as quais gigantes como LG, Panasonic, Qualcomm, D-link e Microsoft (ZAMBARDA, 2015, s.p.), visando integrar os dispositivos de edifícios inteligentes, assim como aumentar a conectividade, sensores e segurança, pode trazer muitos benefícios, de operacionais à experiência dos usuários. Para alcançar esses objetivos, os edifícios inteligentes agregam a vantagem da IoT para gerar, analisar e transmitir dados (INTEL CORPORATION, 2015, s.p.).

A IoT em edifícios inteligentes pode ser aplicada ao BAS (sistemas de automação do edifício), e com isto, todos os sistemas prediais (elétrico, iluminação, ar-condicionado, rede de dados, etc.) podem conversar entre si e tomar decisões de forma autônoma (dentro de um escopo de atividades pré-programadas) relativo a cada um e em função das informações coletadas em outros sistemas. Assim os resultados são inteligentes e integrados, o que pode inclusive contar com sistemas de manutenção preventivos, baseados em históricos, estatísticas e experiências adquiridas, somado aos dados coletados dos sensores, para um melhor desempenho (ALLTOMATIC, 2015, s.p.). Com um smartphone, os usuários cadastrados nas instalações podem, por exemplo, controlar a iluminação e climatização de acordo com suas necessidades. Da mesma forma, detectada a ausência de pessoas em determinado cômodo, o sistema desliga ou reduz a atividade dos equipamentos e com isso poupa energia (ALLTOMATIC, 2015, s.p.). A IoT pode permitir através dos mecanismos de automação, diminuir a demanda de energia elétrica nos períodos de maior consumo, o que gera enorme vantagem para as concessionárias, visto que não se torna necessário uma expansão da rede instalada (ALLTOMATIC, 2015, s.p.).

8.2.1 Casas inteligentes ou *smart homes*

O conceito de casa automatizada foi concebido 80 anos antes, com várias limitações técnicas. Recentemente, com o advento da popularização de conexões de internet e o surgimento da tecnologia *wireless*, dispositivos inteligentes e conectados são agora realidade. Concebida para trazer melhor qualidade de vida ao usuário final, uma casa inteligente é projetada para realizar ou distribuir um número de serviços dentro e fora da construção através de uma rede de dispositivos interconectados. Enquanto que uma conexão de internet de alta velocidade não seja necessária para todos os aparelhos instalados na habitação, a total funcionalidade de uma casa

inteligente depende da disponibilidade de acesso permanente à internet. Há muitas definições que podem ser atribuídas ao conceito de casa inteligente, e esse conceito muda conforme o tempo e a tecnologia avança (SORRELL, 2014, p. 2).

A IoT é a tecnologia que vem para popularizar a “Inteligência”. Será a responsável por tornar realidade qualquer casa inteligente, as denominadas *Smart Homes*. A IoT irá possibilitar que todos os dispositivos eletrônicos de um ambiente possam se conectar à internet e entre si. A famosa firma de consultoria Gartner Inc. (2014, s.p.), em um estudo afirma que “uma típica residência familiar, em um mercado IoT consolidado, passará a ter mais de 500 dispositivos inteligentes por volta de 2020”.

O número de dispositivos dotados de inteligência em uma casa padrão crescerá de forma lenta por pelo menos essa década devido a muitos dispositivos domésticos serem trocados de forma descoordenada. No entanto, uma casa inteligente “madura” não irá existir até 2020 ou 2025, produtos inteligentes domésticos já começam a ser produzidos e as primeiras oportunidades de negócios estão a surgir (GARTNER, 2014, s.p.).

A tecnologia *wireless* será um ponto chave na conectividade entre os aparelhos e a edificação, porém não será a única tecnologia a dominar. Wi-fi, bluetooth, Zigbee, celular e várias outras tecnologias irão encontrar lugar em um ambiente inteligente. Por conta desse cenário, todas essas tecnologias necessitarão de meios de se comunicarem através de protocolos e normas. A maioria dos equipamentos será portátil e não possuirão acesso direto a suprimento de energia por meio de fios, assim muitos fabricantes de baterias irão lucrar com as casas inteligentes como desenvolvedores de fornecimento e armazenamento de energia assim como recarga sem fio (GARTNER, 2014, s.p.).

Segundo pesquisa da consultora independente Juniper Research (2014, p.3) “O valor de mercado em 2018 para todos os serviços de *Smart home* listados na pesquisa chegará a US\$ 72 bilhões, conduzido pelo setor de entretenimento”.

A Figura 36 ilustra uma “típica casa inteligente” onde vários dispositivos conectados interagem entre si e com os moradores. Em todos os cômodos há dispositivos que transmitem informações e auxiliam no desempenho de atividades cotidianas.

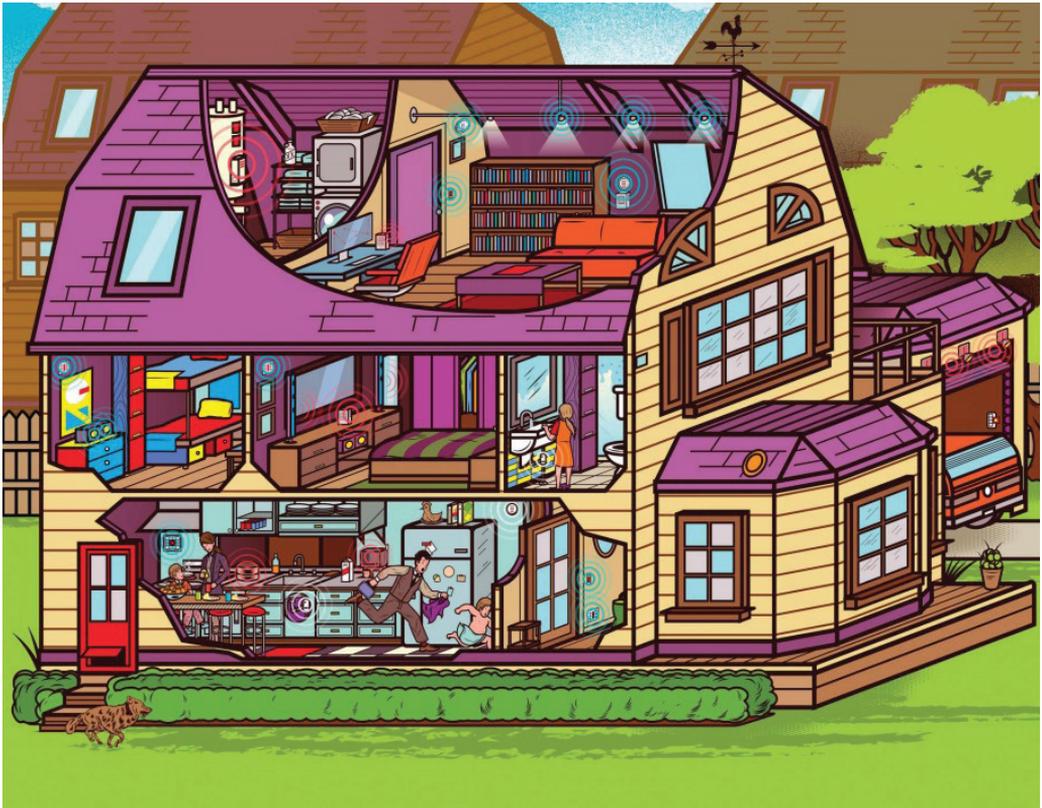


Figura 36 A casa inteligente.

Fonte: CORINNE (2015, s.p.)

Segundo estudo de 2014 da empresa sueca Berg Insight, o número de casas inteligentes na Europa e América do Norte chegou aos 10,6 milhões em 2014. O mercado norte americano registrou um crescimento de 70% no ano passado, o que corresponde a 7,9 milhões de *Smart homes* (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

A Figura 37 demonstra a comparação de números de casas inteligentes na Europa e na América do Norte, a América do Norte é o maior e mais avançado mercado de casas inteligente no mundo. O crescimento deverá se manter nos próximos anos e elevar o número de residências desse tipo nos Estados Unidos e Canadá para 38,2 milhões em 2019. Já o mercado europeu está dois ou três anos atrás do americano tanto em termos de penetração como de maturidade. No final do ano passado existiam 2,7 milhões de *Smart Homes* (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

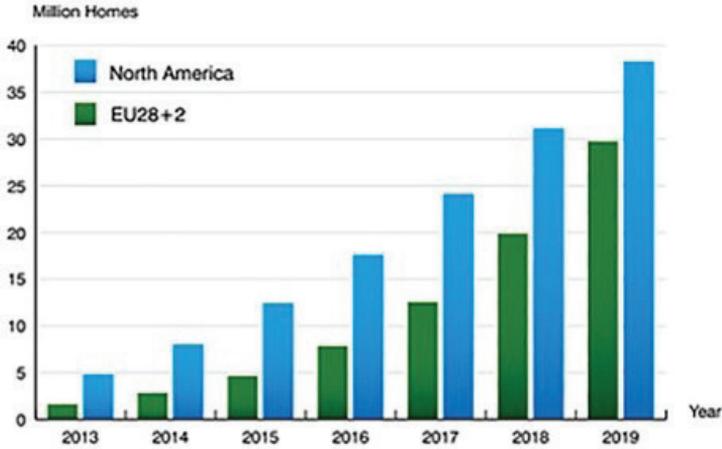


Figura 37 Número de casas inteligentes Europa x América do Norte (Milhões de residências).

Fonte: SMARTBUILDINGS (2015, s.p.).

Entre os produtos de maior sucesso no setor, estão os termostatos inteligentes, sistemas de segurança, lâmpadas inteligentes, câmeras ligadas em rede e sistemas de áudio multi-sala de empresas como Nest, Ecobee, Philips, D-link entre outros (SMARTBUILDINGS, 2015, s.p.).

8.2.1.1 Produtos feitos para smart homes

A seguir são demonstrados alguns produtos que já existem no mercado para casas inteligentes.

8.2.1.1.1 Termostatos

Os termostatos inteligentes são dispositivos que podem controlar a temperatura da casa por meio de um smartphone ou site de internet e criar comportamentos no sistema de ar-condicionado, o objetivo é deixar o ambiente na temperatura correta quando o usuário se encontra no local para evitar o gasto desnecessário de energia durante o dia (OLHAR DIGITAL, 2014, s.p.).

A Figura 38 exemplifica um termostato. O Ecobee conseguiu um modo de fazer com que a casa fique aquecida ou refrigerada apropriadamente. Um pequeno sensor *wireless* é instalado no cômodo necessitado e o termostato irá manter a temperatura conforme necessário. Pode ser acessado por meio de um aplicativo no smartphone e tem compatibilidade com o Apple Home Kit (PROSPERO, 2015, s.p.).



Figura 38 Termostato Ecobee.

Fonte: PROSPERO (2015, s.p.).

8.2.1.1.2 Fechaduras inteligentes

Fechaduras inteligentes são um dos acessórios mais legais de uma casa inteligente, podem automaticamente detectar a presença por conexão bluetooth com o smartphone do usuário e destrancar a porta. Há a opção de enviar chaves eletrônicas a outras pessoas e fazê-las funcionar somente quando permitido. A fechadura pode se conectar ao sistema de automação da residência, fornecendo informações ao termostato quando os habitantes estão ausentes para que o aparelho entre em modo econômico (ALLEN, 2015, s.p.).

Um exemplo de fechadura é demonstrado na Figura 39.



Figura 39 Fechadura inteligente Kwikset.

Fonte: UNIKEY (2015, s.p.).

8.2.1.1.3 Detectores de fumaça

Os detectores de fumaça soam um alarme quando detectam certa quantidade de monóxido de carbono (CO) no ar, diferentes tipos de alarmes são disparados por diferentes tipos de sensores. Existem os Sensores biomiméticos, que funcionam com um gel que muda de cor quando absorve CO, sendo essa cor que dispara o alarme. Há os Semicondutores de óxido metálico, onde um chip de silício faz a detecção quando o CO diminui a resistência elétrica do circuito. E os Sensores Eletroquímicos, que possuem eletrodos imersos em uma solução química que muda a corrente elétrica quando entra em contato com o CO, assim acionando o alarme (SAFEWISE, 2015, s.p.).

A Figura 40 exemplifica um termostato inteligente, o produto possui um sensor de padrão industrial, faz testes automaticamente e dura mais de uma década. Pode também emitir alertas direto no celular (NEST LABS, 2015, s.p.).



Figura 40 Detector de fumaça Nest.

Fonte: NEST LABS (2015, s.p.)

8.2.1.1.4 Sistema de controle

Os controladores são o “cérebro” de um sistema de automação de uma casa inteligente. Eles permitem a integração e controle do sistema de segurança, aquecimento e ar-condicionado, luzes, entretenimento entre outros sistemas (HOME CONTROLS, 2015, s.p.). A Figura 41 demonstra o console NuBryte, da empresa Lucis. O controlador, deixa a casa inteligente nos “próprios termos” do usuário. Esse painel touchscreen substitui os interruptores e usando uma pequena câmera, liga as luzes quando alguém adentra ao cômodo. Pode ser usado como câmera de

segurança, e há a opção de conectar com dois ou mais consoles para criar uma rede em toda a casa. Também é possível enviar mensagens para o controlador através de um celular e controlar os sistemas ou apenas avisar quem está em casa (PROSPERO, 2015, s.p.).



Figura 41 Controlador NuBryte.

Fonte: LUCIS TECHNOLOGIES INC. (2015, s.p.).

8.2.2 O edifício internet das coisas (BIOT – *building internet of things*)

Os fabricantes e fornecedores de serviços técnicos em edifícios comerciais e industriais têm colocado tecnologias baseadas em rede, sistemas e sensores inteligentes e integração entre eles como parte de suas soluções há 25 anos sobre a alcunha de “Edifícios Inteligentes”, “Automação Residencial”, mas agora, se adotou uma nova nomenclatura denominada Edifício Internet das coisas (BIoT – *Building Internet of Things*) para suas futuras soluções. Construtores e administradores de edifícios se perguntam o que de diferente essa tecnologia apresenta e se isso pode ir contra seus propósitos. A questão é que nos últimos 25 anos os edifícios inteligentes estavam atrelados a tecnologias proprietárias que são caras de se operar e uma vez instaladas difíceis de aprimorar. Os edifícios inteligentes evoluíram lentamente até hoje, porém agora estão a caminho de realizar um passo realmente evolutivo. Isso será possível graças à IoT que irá permitir que uma única plataforma IP (Protocolo de Internet) possa conectar todos os dispositivos e intercambiar informações e através de um sistema de análise, denominado *Big Data*, possa otimizar os controles automaticamente (MCHALE, 2015, s.p.).

Um sistema BIoT irá resolver as atuais deficiências e com o tempo a operação e instalação será mais barata além de permitir adicionar novos componentes no

edifício simplesmente ligando os aparelhos na rede (MCHALE, 2015, s.p.). Enquanto essa tecnologia não chega totalmente, hoje é restrita a poucas aplicações onde o BAS não é tão complexo, porém conectar dispositivos através de redes IP já está acontecendo. A grande barreira ainda é compartilhar um protocolo de comunicação para todos os serviços e sistemas. Por essa razão, implementar totalmente um BIoT em um edifício ainda irá levar o resto da década, não antes da tecnologia ganhar uma parte do potencial mercado técnico e que sejam resolvidas as questões de segurança cibernética (MCHALE, 2015, s.p.).

A Figura 42 demonstra a porcentagem utilizada pela conectividade IP para serviços BAS em edifícios comerciais em 2014 e em 2020. O gráfico, produzido pela consultora independente Memoori, mostra como os serviços de BIoT irão crescer e aumentar sua participação no mercado. A consultora ainda afirma que o mercado para BIoT, incluindo todos os serviços BAS com preços instalados, passou a valer em 2014 aproximadamente 46 bilhões de dólares americanos e pode crescer em 2020 para 155 bilhões. Porém deve ficar claro que nem todo esse mercado será ocupado pelo BIoT (MCHALE, 2015, s.p.).

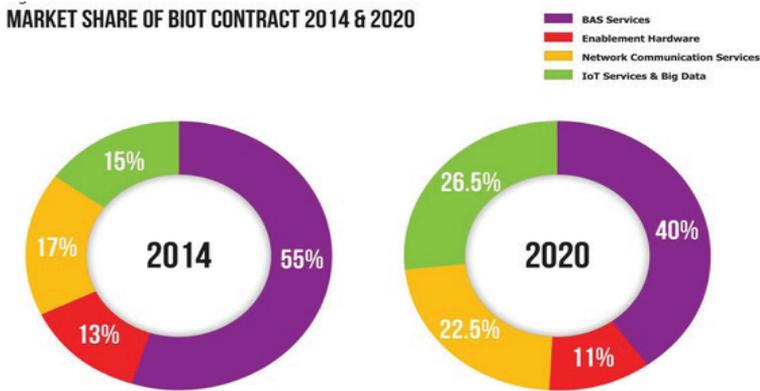


Figura 42 Fatia de mercado de BIoT em 2014 e 2020.

Fonte: McHale (2015, s.p.)

Em dias atuais a maioria das iniciativas e investimentos para o desenvolvimento do BIoT é feito pelos desenvolvedores da IoT, a isso se inclui fabricantes de chips e empresas de TI. Eles controlam toda nova tecnologia para desenvolver soluções IoT em um edifício totalmente automatizado, investiram bilhões de dólares americanos em desenvolvimento de produtos e serviços. No entanto, essas empresas não possuem a expertise de design, instalação, operação e serviços dos edifícios, o que ainda está em domínio dos fabricantes de sistemas BAS. Esses fabricantes também possuem acesso direto a um vasto legado de imóveis que

deverão passar por retrofit. Esses dois campos necessitam trabalhar juntos para combinar seus conhecimentos para que se possa aproveitar o total benefício da BIoT (MCHALE, 2015, s.p.).

Considerações finais

O presente livro destinou-se a fazer um estudo exploratório sobre os edifícios inteligentes, não somente o aspecto de edifício em si, mas uma abordagem a respeito dos espaços dotados de inteligência, concebidos para trazer qualidade de vida às pessoas e modernizar as construções, envolvendo as tecnologias empregadas, variáveis climáticas, técnicas de projeto, os conceitos de sustentabilidade e as instituições e organizações que certificam os edifícios inteligentes, apresentando os diversos Selos de Certificação de Construção Sustentável, e ainda ilustrando alguns exemplos de Edifícios Inteligentes com alta tecnologia no Brasil e no mundo.

O conceito de edifício inteligente hoje não envolve apenas a automação residencial, sendo ela parte essencial, mas estão relacionadas múltiplas áreas de conhecimento que são agregadas para sua realização. Hoje, o conceito de sustentabilidade se faz presente e todo o projeto o deve ter em conta, tendo em vista que o próprio mercado passou a exigí-lo, assim cada vez mais construções estão buscando formas e modelos sustentáveis.

Conforme a tecnologia avança, a produção de produtos com tecnologia de ponta se populariza e grande parte das pessoas passa a utilizá-la. O futuro das construções é agregar tecnologias que facilitem o dia a dia e promovam qualidade no habitat, seja ele: doméstico, comercial ou industrial. No segmento residencial, essas tecnologias vêm não somente para interagir com os moradores, elas irão coletar dados e transmiti-los a outras centrais para a troca de informações e melhoramento do sistema. A integração se dará de tal forma que sistemas de trânsito, energia e entre outros, também se tornarão inteligentes e ampliarão o conceito para o de cidades inteligentes.

As casas inteligentes já são uma realidade e ainda que todo o seu potencial não tenha sido explorado, os profissionais devem se familiarizar com os conceitos.

O papel do engenheiro civil será selecionar as tecnologias necessárias para um projeto, de acordo com as necessidades de seus futuros usuários.

Nos edifícios, a tecnologia continua a avançar e agora milhares de dispositivos no seu interior podem se interconectar e transmitir informações a uma central computadorizada que automatiza os processos e traz muito mais eficiência para as operações e gerenciamento da construção.

O conceito ganha cada vez mais popularidade, diversas feiras ao redor do mundo, dos setores de tecnologia ao de construção civil, tem demonstrado novidades e muitas empresas veem esse mercado como um dos mais promissores nos próximos anos. Diversas corporações multinacionais têm investido bilhões de dólares para a promoção e o desenvolvimento de novos produtos e novas companhias startups chegam com inovações e dinamizam cada vez mais o setor.

Com essa popularização, os novos empreendimentos serão concebidos com essa inteligência. Muitos empreendimentos já buscam selos de certificação, para possuir um respaldo maior perante a sociedade, mas essa nova mentalidade em ser ter uma construção mais eficiente tanto no consumo energético como no bem-estar dos ocupantes, já toma conta das empresas. Na América do Norte e Europa esse setor já se encontra desenvolvido e o Brasil já é um dos maiores mercados globais. Porém, a automação em edifícios no país ainda é reservada aos edifícios residenciais e comerciais de alto padrão, além de indústrias.

O valor de mercado global de edifícios já envolve bilhões de dólares e conforme se desenvolve novos meios de propagação e barateamento dos sistemas, os valores tendem a aumentar, devido à maior quantidade de clientes. O engenheiro civil deve possuir conhecimento desses novos conceitos e agrega-los à profissão. Conforme esse mercado se consolida, estarão na vanguarda os profissionais que souberem oferecer as melhores soluções que promovem uma maior qualidade na habitação.

Referências

ABNT NBR ISO 9001. **ABNT NBR ISO 9001**. 4. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000. p. 30.

ABNT NBR ISO 14001. **ABNT NBR ISO 14001**. 2. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. p. 27.

ABNT NBR ISO 9001. **ABNT NBR ISO 9001**. 4. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000. p. 30.

ABREU, T. M. B. D. **Edifícios Inteligentes – Soluções para gestão de climatização em instalação de Domótica KNX. Estudo de Caso**. 1. ed. Bragança: [s.n.], 2013. 47 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança.

ALLEN, F. V. 5 Best Smart Locks for Your Home. **Techlicious**, 2015. Disponível em: <<http://www.techlicious.com/guide/5-futuristic-smart-locks-for-your-home/>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

ALLTOMATIC. Internet das Coisas (IOT) e Eficiência Energética. **Alltomatic**, 2015. Disponível em: <<http://www.alltomatic.com.br/internet-das-coisas-iot-e-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 3 nov. 2015.

ALVES, A.; MOTA, J. **Casas Inteligentes**. 1. ed. Lisboa: Centro Atlântico, 2003. p. 141.

- ARCHITIZER. Architizer. **Architizer**, 2014. Disponível em: <<http://architizer.com/blog/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works/>>. Acesso em: 1 nov. 2015.
- ASSIZ, R. C. D. Sustentabilidade: como produzir empreendimentos mais sustentáveis do planejamento à pós ocupação. **Techoje**, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1562>. Acesso em: 2 nov. 2015.
- AULICINO, P. **Análise de métodos de avaliação de sustentabilidade do ambiente construído: o caso dos edifícios habitacionais**. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2008. 157 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BARROS, A. L. D. **Edifícios Inteligentes e a Domótica: Proposta de um Projecto de Automação Residencial utilizando o protocolo X-10**. 1. ed. Cidade da Praia: [s.n.], 2010. 94 p.
- BOLZANI, C. A. M. **Desenvolvimento de um Simulador de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes: Uma Introdução aos Sistemas Domóticos**. rev. ed. São Paulo: [s.n.], 2004. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BOLZANI, C. A. M. **Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de uma Plataforma para Residências Inteligentes**. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2010. 155 p. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BREEAM. Certificação BREEAM. **Site BRE**, 2015. Disponível em: <<http://www.breeam.com/>>. Acesso em: 13 out. 2015.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. 1. ed. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010. 204 p.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul. **Site Caixa Econômica Federal**, 2015. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2015.
- CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. 1. ed. Belo Horizonte: FIEMG Federação das Indústrias de Minas Gerais, 2008. p. 60.

- CBCS. SUSHI. **SUSHI**, 2015. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/sushi/>>. Acesso em: 5 out. 2015.
- COELHO, L. Certificação Ambiental. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 155, 2010.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável**, 2015. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=09804C7D-A825-42C4-AE3B-D7834C71E1ED>>. Acesso em: 3 out. 2015.
- CONSTRUIR SUSTENTÁVEL. Selos. **Site Construir Sustentável**, 2015. Disponível em: <<http://www.construirsustentavel.com.br/green-building/selos>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- CORINNE, L. The Hacker’s Guide to Smart Homes. **Popular Science**, 2015. Disponível em: <<http://www.popsci.com/hackers-guide-smart-homes>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CTBHU. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. **CTBHU**, 2013. Disponível em: <<http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/AlBaharTower-sAbuDhabi/tabid/3845/language/en-US/Default.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- DEREK, ; CLEMENTS-CROOME, J. What do we mean by intelligent buildings? **Automation in Construction**, Reading, 1997. p. 6.
- DEREK, T.; CLEMENTS-CROOME, J. **Intelligent Buildings: Design, management and operation**. 2. ed. Londres: Thomas Telford, 2006. p. 409.
- DGNB. DGNB System. **Certificação DGNB**, 2015. Disponível em: <<http://www.dgnb-system.de/en/system/criteria/core14/>>. Acesso em: 3 out. 2015.
- DOMINGUES, R. G. **A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ECOCASA. Conheça o conceito de energia zero. **ECOCASA**, 2014. Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/conheca-o-conceito-de-energia-zero.asp>>. Acesso em: 15 out. 2015.

- FERRER, J. A.; GARRIDO, A. **Eficiência Energética em Edifícios**. Madrid: ONU-DI Observatório e Energias Renováveis para a América Latina e Caribe, 2013.
- FEY, A. F.; GAUER, R. R. **Cabeamento Estruturado: da Teoria à Prática**. 2. ed. Caxias do Sul: ITIT, 2014.
- FUNDAÇÃO VANZOLINI. Selo Aqua HQE. **Fundação Vanzolini**, 2015. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br/hotsite-aqua.asp>>. Acesso em: 17 out. 2015.
- FURUKAWA. **Informativo Técnico: Uma Visão Atual do Cabeamento Estruturado**. Curitiba: [s.n.], 2012.
- GARTNER. Newsroom. **Gartner Inc.**, 2014. Disponível em: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2839717?utm_content=buffer6d52c&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175 p.
- GREEN BUILDING COUNCIL – GBC. Certificação LEED. **Green Building Council**, 2015. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 1 out. 2015.
- HOME CONTROLS. Smarrt Home Automation Hubs. **Home Controls Automation Products & Support**, 2015. Disponível em: <<http://www.homecontrols.com/Categories/HomeControllers>>. Acesso em: 6 nov. 2015.
- IBDN. Instituto Brasileiro de Defesa da Natureza. **IBDN ORG**, 2012. Disponível em: <<http://www.ibdn.org.br/novo/index.php/ultimasnoticias/2039-conheca-cinco-edificios-sustentaveis-no-brasil.html>>. Acesso em: 23 out. 2015.
- ILES/ULBRA. **Manual de metodologia científica do ILES/ULBRA Itumbiara GO**. 1. ed. Itumbiara: ILES/ULBRA, 2011. 81 p.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Meteorológicas. **site do Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 2016.

- INTEL CORPORATION. Smart Buildings with Internet of Things Technologies. **Intel Corporation**, 2015. Disponível em: <<http://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/smart-buildings.html>>. Acesso em: 8 nov. 2015.
- JORNAL DA UNICAMP. Prédio com “energia zero”. **Jornal da Unicamp**, 2012. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/543/predio-com-energia-zero>>. Acesso em: 2 nov. 2015.
- JORNAL GAZETA DO POVO. O mocó mais caro do mundo. **Jornal Gazeta do Povo**, 2012. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/o-moco-mais-car-do-mundo-33u1bm0rl9mi4ipzhm61wd2ry>>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007. 311 p.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás – Procel, 2014.
- LER, E. L. **Intelligent Building Automation System**. 1. ed. Queensland: [s.n.], 2006. 52 p.
- LIMA, R. A. D. ISO 26000 – Uma Análise Crítica da Norma de Responsabilidade Social e a Questão da Certificação. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, 2013. 13.
- LUCIS TECHNOLOGIES INC. Lucis NuBryte. **Lucis Technologies Inc.**, 2015. Disponível em: <<http://www.nubryte.com/>>. Acesso em: 1 nov. 2015.
- MARTINS, D. F. **Sustentabilidade no Canteiro de Obras**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2010. 90 p.
- MCDONOUGH PARTNERS. William Mcdonough + Partners. **William Mcdonough + Partners**, 2013. Disponível em: <<http://www.mcdonoughpartners.com/projects/nasa-sustainability-base/>>. Acesso em: 1 nov. 2015.
- MCHALE, A. Why the Building Internet of Things Will Enable Smart Buildings. **Facilitiesnet**, 2015. Disponível em: <<http://www.facilitiesnet.com/buildingautomation/article/Why-the-Building-Internet-of-Things-Will-Enable-Smart->

-Buildings-Facilities-Management-Building-Automation-Feature-16039>. Acesso em: 18 nov. 2015.

MESSIAS, A. F. **Edifícios “Inteligentes”**: A domótica Aplicada à Realidade Brasileira. 1. ed. Ouro Preto: [s.n.], 2007. 48 p.

NAKAMURA, J. Carreira. **Revista Técnica**, 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/161/carreira-285815-1.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2015.

NEST LABS. Nest Labs. **Nest Labs**, 2015. Disponível em: <<https://nest.com/smoke-co-alarm/meet-nest-protect/>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

NEVES, R. P. A. D. A. **Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia**: Os Edifícios Inteligentes. 1. ed. São Carlos: [s.n.], 2002. 154 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLHAR DIGITAL. Google vende termostato inteligente por US\$ 250. **Olhar Digital**, 2014. Disponível em: <<http://olhardigital.uol.com.br/noticia/google-vende-termostato-inteligente-por-us-250/41540>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

OTEC. Certificação BREEAM. **OTEC**, 2015. Disponível em: <<http://www.otec.com.br/37-0/servicos//breeam>>. Acesso em: 13 out. 2015.

PÁDUA, I. H. D. **Caracterização de edifícios inteligentes**: um caso exemplo. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Programa de pós-graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

PORTALMETÁLICA. Suite Vollard: O primeiro edifício giratório do mundo. **Construção Civil Portal Metálica**, 2004. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/suite-vollard-o-primeiro-edificio-giratorio-do-mundo>>. Acesso em: 1 nov. 2015.

PROCEL. Procel Info. **Procel Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**, 2015. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=>

PRODANOV, C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale Editora, 2013. 276 p.

- PROSPERO, M. Best Smart Home Gadgets of 2015. **Tom's Guide**, 2015. Disponível em: <<http://www.tomsguide.com/us/best-smart-home-gadgets,review-2008.html>>. Acesso em: 27 out. 2015.
- REVISTA EXAME. Prédios “energia zero” são o futuro da construção civil, afirma especialista. **Revista Exame**, 2010. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/predios-energia-zero-sao-o-futuro-da-arquitetura-afirma-especialista>>. Acesso em: 15 out. 2015.
- RODRIGUES, D.; PERENSIN, S. Edifícios Inteligentes X Certificação Green Building, Santo André, 2009. 6.
- SAFEWISE. What does a carbon monoxide detector and how does it work? **Safewise**, 2015. Disponível em: <<http://www.safewise.com/home-security-faq/carbon-monoxide-detector>>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- SANTOS, J. A. **Sistema Domótico baseado em redes Zigbee**, Dissertação de Mestrado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- SCARPIN, S. R. Sistema de Cabeamento Estruturado Residencial. **Revista Técnica**, n. 157, Abril 2010.
- SELO SUSTENTAX. Selo Sustentax. **Selo Sustentax**, 2015. Disponível em: <<http://www.selosustentax.com.br/selos.php>>. Acesso em: 3 out. 2015.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. **Cabeamento Estruturado**. Santa Catarina: Senai Departamento Nacional, 2012.
- SINOPOLI, J. **Smart Buildings, a handbook for the design and operation of building**. 1. ed. Austin: Spicewood Publishing, 2006. 33 p.
- SINOPOLI, J. **Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders**. 1. ed. Amsterdã: Elsevier, 2010. 231 p.
- SMARTBUILDINGS. Infraestrutura: Europa e América do Norte têm já 10,6 milhões de habitações inteligentes. **Smart Buildings**, 2015. Disponível em: <<http://www.smartbuildings.pt/article.php?a=12>>. Acesso em: 7 nov. 2015.
- SORRELL, S. **Smart Homes – it's an Internet of Things Thing**. Juniper Research. Basingstoke, p. 5. 2014.

THE SMART BUILDING INSTITUTE. Overview of High Performing Buildings. **Smartbuildinginstitute.org**, 2015. Disponível em: <<http://www.smartbuildingsinstitute.org/>>. Acesso em: 3 nov. 2015.

UNIKEY. Unikey Residential. **Unikey**, 2015. Disponível em: <<http://www.unikey.com/residential>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ZAMBARDA, P. “internet das Coisas”: entenda o conceito e o que muda com a tecnologia. **Techtudo**, 2015. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>>. Acesso em: 13 nov. 2015.