

SIMONE SOUZA SANTOS

**ARQUITETURA E GESTÃO AMBIENTAL: UM PROJETO
COMO INSTRUMENTO PARA A PROMOÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE**

São Caetano do Sul

2012

SIMONE SOUZA SANTOS

**ARQUITETURA E GESTÃO AMBIENTAL: UM PROJETO COMO
INSTRUMENTO PARA A PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE**

Monografia apresentada ao curso MBA - Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade, do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Travassos

São Caetano do Sul

2012

Sxxxr	SANTOS, Simone Souza Arquitetura e gestão ambiental: um projeto como instrumento para a promoção da sustentabilidade / Simone Souza Santos — São Caetano do Sul, 2012. 70p.
	Monografia — MBA em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.
	Orientadora: Prof. Dr. Luciana Travassos
	1. Desenho ambiental 2. Projeto arquitetônico 3. Sustentabilidade I. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. II. Título.
	CDU xxx(815.6)

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a meus pais, que nunca mediram esforços para me oferecerem uma boa educação, amor e saúde. Por sempre me apoiarem e acreditarem em mim, sem eles, certamente não teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar o meu caminho, ao meu companheiro da vida por me ajudar a manter os pés no chão. Agradeço aos professores do curso pela dedicação em nos transmitirem o conhecimento, a família Sustentech pela atenção em conjunto e por me ajudar com material de apoio. Agradeço em especial a minha companheira de trabalho, Luana Eid, por dedicar o seu tempo em me ajudar com as simulações computacionais de conforto.

RESUMO

Por meio desse estudo, pretende-se evidenciar a importância da elaboração de um projeto arquitetônico, dentro da extensa cadeia produtiva da construção civil, para obter efeitos com maior sustentabilidade. Dessa forma, a partir da identificação dos principais impactos ambientais, pretende-se mostrar o raciocínio que conduz às importantes tomadas de decisões durante a fase de projeto e em seguida serão apresentadas algumas soluções em forma de um projeto residencial de pequenas proporções visando, principalmente, o melhor desempenho energético, redução do consumo de água, uso de materiais renováveis e aplicação de conceitos bioclimáticos. A edificação construída dentro desses parâmetros possui uma série de benefícios como redução do custo durante a construção e a operação, maior durabilidade do edifício, melhor qualidade de vida e conforto para os usuários, além de poupar recursos naturais.

Palavras Chaves: Desenho ambiental. Projeto arquitetônico. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The purpose of this study is to highlight the importance of developing an architectural project within the extended supply chain of construction, thereby improving the sustainability results. Through the identification of key environmental impacts, the reasoning that leads to the important decisions taken during the design phase is shown. Solutions in the form of small proportion residential projects are presented aiming mainly at optimizing energy performance, reducing water consumption, increasing use of renewable materials and bioclimatic concepts' applications. A building constructed within these parameters has numerous benefits such as reduced operating and construction costs, greater durability, comfort and quality of life for users and reduced use of natural resources.

Keywords: Environmental Design. Architectural Design. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 3.1 -	CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI	15
FIGURA 3.2 -	DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO RIO DE JANEIRO	16
FIGURA 3.3 -	CARTA BIOCLIMÁTICA RIO DE JANEIRO	16
FIGURA 3.4 -	DETALHAMENTO DAS ESTRATÉGIAS MAIS FREQUENTES PARA O RIO DE JANEIRO	17
FIGURA 3.5 -	PERCURSO DA TERRA EM RELAÇÃO AO SOL	19
FIGURA 3.6 -	PERCURSO DO SOL EM RELAÇÃO À TERRA	19
FIGURA 3.7 -	LEITURA DA CARTA SOLAR	19
FIGURA 3.8 -	CARTA SOLAR PARA O RIO DE JANEIRO	19
FIGURA 3.9 -	SOBREPOSIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS NA CARTA SOLAR PARA O RIO DE JANEIRO	20
FIGURA 3.10 -	FERRAMENTAS DE AUXÍLIO PARA DIMENSIONAMENTO DE PROTEÇÕES DE ABERTURAS	21
FIGURA 3.11 -	MÁSCARA DE SOMBREAMENTO E PROTETOR SOLAR DEFINIDO PARA FACHADA NORTE	21
FIGURA 3.12 -	ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO	23
FIGURA 3.13 -	ZONA BIOCLIMÁTICA 8	23
FIGURA 3.14 -	CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA E DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PARA ITAGUAÍ CONFORME A NBR 15220-3	24
FIGURA 3.15 -	CRITÉRIOS E NÍVEIS DE DESEMPENHO DE PAREDES EXTERNAS	25
FIGURA 3.16 -	CRITÉRIOS E NÍVEIS DE DESEMPENHO DE COBERTURAS	25

FIGURA 3.17 -	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO NO VERÃO	25
FIGURA 3.18 -	TIPOLOGIAS DE PAREDES E COBERTURAS E SEUS PARÂMETROS	26
FIGURA 3.19 -	COMPORTAMENTO DO VIDRO COMUM À RADIAÇÃO INCIDENTE	27
FIGURA 3.20 -	FATOR SOLAR PARA ALGUNS TIPOS DE SUPERFÍCIES TRANSPARENTES	28
FIGURA 3.21-	ZONAS DE PRESSÃO POSITIVAS E NEGATIVAS	29
FIGURA 3.22-	VELOCIDADES PREDOMINANTES	29
FIGURA 3.23-	FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA	29
FIGURA 3.24-	VELOCIDADES MÉDIAS NO INTERIOR DE ACORDO COM DIMENSÕES DAS ABERTURAS DE ENTRADA E SAÍDA E INCIDÊNCIAS DO VENTO A 45° E 90°	31
FIGURA 3.25 -	COMPORTAMENTO DO FLUXO DE AR NO INTERIOR DO EDIFÍCIO EM FUNÇÃO DAS ABERTURAS DE SAÍDA	31
FIGURA 3.26-	CONSUMO DE ELETRICIDADE NO BRASIL	33
FIGURA 3.27-	CONSUMO POR ELETRODOMÉSTICO	33
FIGURA 3.28	SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA E ORIENTAÇÃO DAS PLACAS	35
FIGURA 3.29-	DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL	37
FIGURA 4.1-	MESORREGIÕES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	46
FIGURA 4.2-	LOCALIZAÇÃO DO TERRENO	46
FIGURA 4.3-	PRAÇA EM FRENTE AO TERRENO	48
FIGURA 4.4-	FOTO DO TERRENO	48

FIGURA 4.5-	MAPA DE ZONEAMENTO DE ITAGUAÍ	48
FIGURA 4.6-	ESQUEMA DE DISPOSIÇÃO DAS UNIDADES NO TERRENO	49
FIGURA 4.7-	ESTUDO DE VOLUMETRIA	50
FIGURA 4.8-	FLUXOGRAMA E SETORIZAÇÃO DAS UNIDADES. PROJETO PRELIMINAR	51
FIGURA 4.9-	PROJETO PRELIMINAR	52
FIGURA 4.10-	ESTUDO DE INSOLAÇÃO DAS DUAS ABERTURAS DA SALA VOLTADAS À NORTE E À SUL	53
FIGURA 4.11-	FLUXOGRAMA DO MANEJO DA ÁGUA DO PROJETO	55
FIGURA 4.12-	DIAS DE CONFORTO SEGUNDO CRITÉRIOS DA NBR 15575.	57
FIGURA 4.13-	TEMPERATURAS MÁXIMAS DIÁRIAS NO MÊS DE JANEIRO COM JANELAS ABERTAS DURANTE O DIA.	58
FIGURA 4.14-	TEMPERATURAS MÁXIMAS DIÁRIAS NO MÊS DE JANEIRO COM JANELAS FECHADAS DURANTE O DIA.	58
FIGURA 4.15-	AJUSTE DE TEMPERATURA DE CONFORTO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO	59
FIGURA 4.16-	VELOCIDADE DE ENTRADA DOS VENTOS.	60
FIGURA 4.17-	AJUSTE DO LIMITE DE CONFORTO EM FUNÇÃO DA VENTILAÇÃO PARA JANELAS ABERTAS	60
FIGURA 4.18-	AJUSTE DO LIMITE DE CONFORTO EM FUNÇÃO DA VENTILAÇÃO PARA JANELAS FECHADAS DURANTE O DIA.	60
FIGURA 4.19-	PORCENTAGENS DE HORAS DE CONFORTO NO CONSIDERANDO TEMPERATURA E VENTILAÇÃO NATURAL	61
FIGURA 4.20-	COMPARAÇÃO ENTRE LIMITE DE CONFORTO, TEMPERATURA DO AR E VENTILAÇÃO NATURAL.	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 -	HORAS DE CONFORTO E DESCONFORTO PARA O RIO DE JANEIRO	16
TABELA 4.1 -	PORCENTAGENS DAS ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO	54
TABELA 4.2 -	DETALHE DAS ESPECIFICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	IMPACTOS AMBIENTAIS RELEVANTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL	8
3	ARQUITETURA E GESTÃO AMBIENTAL	12
3.1	PROCESSO PROJETUAL	12
3.2	BIOCLIMATOLOGIA	14
3.2.1	Conforto	14
3.2.2	Insolação	18
3.2.3	Envolvente	22
3.2.4	Ventilação natural	28
3.3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	32
3.3.1	Aquecimento solar de água	34
3.3.2	Equipamentos eficientes e dispositivos economizadores	35
3.4	MANEJO DA ÁGUA	36
3.4.1	Oferta de água	39
3.4.2	Demandा por água	41
3.4.3	Águas pluviais e permeabilidade do solo	42
3.5	OUTROS TEMAS A CONSIDERAR	43
4	O PROJETO	45
4.1	LOCALIZAÇÃO DO TERRENO	45
4.2	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	47
4.3	ESTUDO PRELIMINAR	49
4.4	ESTRATÉGIAS	53
4.5	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	56
5	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A - Estudo de insolação das aberturas	66
	ANEXO A - Projeto e detalhes	68

1 INTRODUÇÃO

Em nosso dia-a-dia não é difícil perceber a importância da construção civil. As diversas atividades humanas são desenvolvidas em ambientes edificados, tais como trabalhar, morar, atividades de lazer, de acesso à saúde, educação e a própria construção da infraestrutura das cidades (distribuição de água, energia, saneamento básico) depende dela. A construção civil é responsável por transformar o meio ambiente neste mundo de construções em que vivemos.

Para que uma construção seja efetivamente materializada, há uma extensa cadeia produtiva, que abrange desde a extração da matéria-prima e transporte dos componentes à execução e uso final. A etapa do projeto é uma destas diversas fases e é o momento em que são definidas as principais diretrizes e, portanto, onde as tomadas de decisões influenciam todo o resto do processo, inclusive muitos dos impactos positivos e negativos sobre o ambiente.

O setor da construção civil e todas as atividades relacionadas a este são de grande importância para a economia do país, além de gerar empregos e renda. Porém são também os maiores responsáveis pelos danos ao meio ambiente, com grande geração de resíduos, consumo de recursos naturais, água e energia e numerosas taxas de emissões de CO₂.

Para auxiliar a mudança desse panorama e tornar as atividades da construção menos impactantes está sendo difundida pelo mundo a chamada construção sustentável. A princípio, suas iniciativas se deram de forma isoladas e voluntárias, principalmente por meio de certificações ambientais concedidas aos grandes empreendimentos que optavam por passar pelos rigorosos processos de avaliação e conseguiam atingir as metas estabelecidas pelas instituições emissoras dos certificados. Porém, à medida que a conscientização sobre sustentabilidade cresceu, o mercado se tornou mais exigente e isso acabou aumentando a competitividade entre as empresas, e a adequação ambiental passou a ser, muitas vezes, requisito para contratações, o que pode significar novas oportunidades de negócios. Isso reflete também em toda a cadeia, crescendo a quantidade de produtos e projetos que visam a melhoria do desempenho ambiental e social.

A partir da identificação dos principais impactos ambientais, o objetivo deste estudo é apresentar algumas soluções em forma de um projeto residencial de pequenas proporções, priorizando as tomadas de decisões nas fases de arquitetura com o intuito de poupar a natureza, e evidenciar que a construção sustentável é acessível a todos, independente de se tratar de pequenas construções ou grandes empreendimentos.

2 IMPACTOS RELEVANTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ao longo de décadas vêm sendo discutidos conceitos de desenvolvimento sustentável e ações para alcançá-los. Para a construção civil não pode ser diferente. Ao mesmo tempo em que sabemos da importância social e econômica da construção, com o objetivo de prover saneamento, ambientes de qualidade, com conforto e segurança para os habitantes, e que é um setor em constante ascensão, também devemos considerar a realidade de que é também o setor de maior consumo de recursos naturais, de geração de resíduos e emissão de gases de efeito estufa (GEE), segundo AGOPYAN (2011).

Os impactos da construção sobre o meio ambiente estão longe de ser mitigados somente pela eficiência energética, como foi visto por muitos anos, eles estão ramificados por toda a complexa cadeia produtiva envolvida, composta por: fornecedores de insumos (extração e processamento de materiais e componentes), prestação de serviços (atrelado a alguns insumos fornecidos que geram operação de montagem incorporada), setor de produção (construção das edificações em si, de responsabilidade de incorporadoras, construtoras ou proprietários), setor de comercialização e, finalmente, o consumidor final.

Do momento da extração de materiais virgens da natureza até a finalização de uma construção e sua manutenção existe uma sucessão de etapas com perdas de materiais e emissões de CO₂. Para uma grande quantidade de material extraído da natureza, de reservas renováveis ou não, por muitas vezes há uma pequena quantidade de produto final efetivo e grande geração de resíduos, como na indústria de mineração. Para a produção desses materiais o uso de energia fóssil não renovável ainda é predominante (AGOPYAN, 2011), além de grandes perdas nessas etapas, muitas vezes há contaminação do ar e da água.

As principais cadeias de produção de materiais relacionadas à construção civil são as de produtos de madeira (extração, processamento), argilas e silicatos (cerâmicas, azulejos, vidros, pedra, areia), calcários (cimento, cal, gesso, concreto), derivados de materiais químicos e petroquímicos (pisos, revestimentos, tubos, conexões, tintas, vernizes), produtos da siderurgia e metalurgia de ferrosos (aços, ferros fundidos), produtos da siderurgia e metalurgia de não-ferrosos (esquadrias, vergalhões, metais sanitários).

Todos esses materiais e componentes são transportados de uma etapa a outra. Podendo percorrer longas distâncias em caminhões movidos a diesel. O setor de transporte rodoviário

possui porcentagem importante nas emissões totais de CO₂, e boa parte está relacionada ao transporte de materiais da construção.

Quando esses materiais chegam ao canteiro de obras, depois de extraídos, processados e transportados, são utilizados nas etapas da construção. Nessa etapa também há grande geração de resíduos e cerca de 30% destes é comumente desperdício. Ou seja, aquele material que passou por diversas etapas provocando grandes danos ao meio ambiente é simplesmente jogado no lixo, mesmo ainda com boas condições de utilização, por falta de qualificação em sua manipulação ou comprometimento dos profissionais envolvidos.

Estima-se que 50% a 75% dos materiais extraídos são descartados como resíduos em menos de um ano. Estes são encaminhados a aterros sanitários, lixões, bota-foras e são acumulados, muitas vezes de forma misturada e sem condições adequadas exigidas em legislação. Essa forma de descarte desfavorece a reciclagem, pois ajuda a deteriorar os materiais que se tornam inapropriados para o reaproveitamento, desperdiçando recursos naturais e ainda aumentando o risco de contaminação ambiental por resíduos perigosos. A maior parte dos resíduos gerados pelas cidades é da construção e demolição.

No momento do uso da edificação, a maior parte dos danos ambientais está relacionada ao consumo de água e energia (condicionamento ambiental artificial, iluminação e aquecimento da água), este último também contribui para uma significativa parcela das emissões totais de gases do efeito estufa, GEEs, tanto pelo consumo direto quanto pela geração de eletricidade pela matriz energética. A manutenção tem bastante ligação com a qualidade e durabilidade dos materiais utilizados e consequentemente influi na demanda por matérias virgens, ou seja, o aumento da vida útil dos materiais diminui a necessidade de estes serem repostos e os impactos na cadeia produtiva.

Outro fator que se refere ao consumo de recursos naturais e que gera impactos ambientais é a extração e processamento de madeira de forma manejada ou ilegal, e que não está somente relacionada à construção, mas também ao desmatamento para atividade agrícola ou pecuária. Este material também percorre longas distâncias pelas rodovias, gera grandes perdas no seu processamento e elevada emissão de GEEs.

A informalidade existente no setor da construção civil também é algo preocupante, pois além de desequilibrar o tripé da sustentabilidade, trazendo problemas sociais aos trabalhadores, como falta de diretos trabalhistas e, por vezes, condições análogas à escravidão, e sonegação

de impostos, há uma grande quantidade de produtos feitos fora dos padrões exigidos em normas técnicas brasileiras, de acordo com AGOPYAN (2011). Isto pode representar riscos à sociedade, desperdício de recursos e falta de qualidade e durabilidade dos materiais empregados na edificação.

Do mesmo modo, o setor contribui para as mudanças climáticas, impermeabiliza o solo, aumentando a probabilidade de inundações e formação de ilhas de calor. Enfim, os danos da construção civil sobre o meio ambiente são inúmeros, trazendo prejuízos a todos da sociedade nos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

No intuito de mudar esse quadro e tornar a construção civil mais sustentável, vêm sendo criadas diversas iniciativas pelo mundo afora. Congressos e eventos internacionais e nacionais estão sendo realizados e o tema está cada vez mais em pauta. As primeiras providências tomadas em prol da diminuição de seus impactos foram em relação ao consumo de energia, reciclagem de materiais e redução de desperdícios. Porém com o tempo foram sendo analisadas outras necessidades e hoje há tentativas de mudanças em toda a cadeia produtiva.

As certificações internacionais de *green buildings* fazem parte apenas de um ramo dentre as diversas iniciativas existentes. Apesar de serem importantes, por minimizarem impactos ambientais em muitos aspectos e ajudarem a difundir a conscientização sobre sustentabilidade entre a população, nem todas abordam temas relevantes considerados de alto impacto que envolvem a cadeia produtiva da construção, nem procuram buscar soluções locais ou regionais ou estabelecem a necessidade de uma análise detalhada do ciclo de vida dos materiais utilizados.

Destas certificações, as mais conhecidas que estão no mercado brasileiro são: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), selo norte-americano emitido pelo GBC (Green Building Council), o mais conhecido e com mais empreendimentos certificados no país; Processo Aqua (Alta Qualidade Ambiental), selo coordenado pela Fundação Vanzolini e baseado no método francês HQE (Haute Qualité Environnementale); Breeam (BRE Environmental Assessment Method), certificação concedida pela BRE (Building Research Establishment), entidade inglesa.

No Brasil existem programas, leis e selos que incentivam as práticas de sustentabilidade no setor. Em 2007, foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), uma grande iniciativa para promoção de ações sociais, econômicas e ambientais mais sustentáveis

em toda a cadeia produtiva da indústria da construção civil. A entidade realiza simpósios anuais e promove a propagação e discussão de assuntos primordiais para sustentabilidade dentro da construção. O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) também possui um papel representativo para implementação de ações ambientais por meio do incentivo à qualidade da construção promovendo o uso de equipamentos e materiais mais sustentáveis.

Além disso, existem dois selos brasileiros baseados na realidade nacional, o Procel Edifica da Eletrobrás, que mede a eficiência energética de edifícios comerciais e residenciais, e o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, para clientes da entidade e edifícios habitacionais de baixa renda.

Também foram elaboradas, no país, leis que regulamentam a construção civil e seus impactos ambientais. Entre elas, pode-se citar a Política Nacional de Meio Ambiente, Resolução Conama 307 e Política Nacional de Resíduos Sólidos (recente e ainda não regulamentada).

Apesar de tantas iniciativas, ainda existe muito por fazer, pois estas ainda não atendem por completo as necessidades concretas. A indústria da construção é bastante consolidada, mas precisa ser profundamente renovada para que tenhamos cidades mais adequadas do ponto de vista ambiental. Para isto, todos devem ser considerados responsáveis, desde os empreendedores, proprietários, projetistas, produtores de materiais aos professores e pesquisadores da área e usuários comuns, além de serem estabelecidas novas legislações e políticas públicas.

3 ARQUITETURA E GESTÃO AMBIENTAL

Este capítulo pretende mostrar o raciocínio que conduz às importantes tomadas de decisões durante a fase de projeto, destacando seu papel como um instrumento para poupar recursos naturais e minimizar os danos ao meio ambiente, e demais etapas relacionadas à arquitetura que podem contribuir para a sustentabilidade na construção.

Ao mesmo tempo em que o tema deve ser tratado de uma maneira abrangente, a intenção é demonstrar a aplicação das decisões em um projeto residencial específico tomado como exemplo. Não se trata de um modelo a ser seguido, já que cada projeto é único e as condições de implantação são diferentes em cada situação, e sim uma análise demonstrativa de ações importantes na fase de arquitetura para minorar seus impactos ambientais.

Por meio desse estudo, pretende-se evidenciar a importância na elaboração de um projeto para obter efeitos com maior sustentabilidade. Para isto o projeto deve visar melhor desempenho energético, reduzir o consumo de água, utilizar materiais renováveis e com maior comprometimento ambiental, possuir implantação que aproveite as condições climáticas locais, melhorar a qualidade dos ambientes construídos, além de reduzir a geração de resíduos e desperdícios e utilizar madeira de forma sustentável nas etapas seguintes de construção.

A edificação construída dentro desses parâmetros possui uma série de benefícios como redução do custo durante o uso e operação, maior vida útil e durabilidade do edifício como um todo e suas partes, além de poupar recursos naturais e outros ganhos ambientais.

O projeto em estudo se trata de três unidades residenciais de dois quartos e no máximo nove metros de gabarito, organizadas em condomínio, situado na cidade de Itaguaí no Rio de Janeiro.

3.1 PROCESSO PROJETUAL

Arquitetura é a “arte de projetar e construir prédios, edifícios ou outras estruturas” (MICHAELIS, 2009), buscando a melhor solução de equilíbrio entre a organização e ordenação dos espaços para uma determinada finalidade, de acordo com um programa, fazendo-se uso de uma técnica, condicionados pelo meio e harmonizados pela intenção plástica.

As atividades de arquitetura são divididas em fases que vão sendo realizadas no decorrer do processo de concepção e construção. Na etapa de concepção será definido, desde as linhas

gerais do projeto, como programa, fluxograma e forma, o projeto executivo em si, que será encaminhado ao canteiro de obras para sua construção propriamente dita. Estas fases de concepção e construção são constantemente sobrepostas de acordo com o andamento e necessidades da obra, podendo o projeto ser refeito inúmeras vezes mesmo que construção já esteja em andamento.

A gestão das atividades de concepção e construção não é sempre de responsabilidade exclusiva do arquiteto, podendo esta ser também partilhada com outros profissionais ou meramente secundária, isso ocorre quando o arquiteto não está presente em todas as fases do empreendimento e participa somente da concepção, da construção ou outras atividades pontuais. A partir do seu nível de responsabilidade, é possível perceber o grau de influência do arquiteto nos impactos ambientais da construção acabada. Entretanto, independente deste grau, sempre existirá um mínimo de responsabilidade ambiental por parte deste profissional.

Para que seja possível o melhor aproveitamento das condições locais e inserção mais adequada da edificação em um determinado terreno é fundamental que as estratégias sejam elaboradas nas primeiras etapas do projeto, pois quanto mais avançado o processo estiver, maior será a interferência com os outros projetos e mais difícil será para reformular diretrizes. O que não exclui a possibilidade de se realizar reformas e adaptações em edificações já construídas ou em fase de construção apesar de certas limitações.

Portanto, para um ótimo resultado ambiental, o conceito de sustentabilidade deve ser incorporado ao empreendimento desde a sua percepção inicial. Estabelecendo o tipo de comportamento ambiental que se pretende ter como resultado e levando-o em conta desde a escolha do terreno, programas iniciais e escolha dos profissionais adequados.

O processo projetual inicia-se pela definição do programa, em seguida é realizado o estudo preliminar, anteprojeto, projeto básico e finaliza-se com o projeto executivo. As questões mais importantes e norteadoras do projeto estão relacionadas ao clima e localização do terreno, o tamanho e complexidade do edifício e seu uso final.

Em cada uma dessas fases de projeto é importante considerar o que poderá ser feito dentro dos limites orçamentais e possibilidades existentes de minimizar os danos ao meio ambiente. Uma vez definidas as estratégias ambientais a serem empregadas, deve-se garantir que as etapas seguintes tenham ferramentas para cumpri-las de forma adequada, desenvolvendo

especificações bem detalhadas e orientações aos empreiteiros, clientes e usuários, para que todos compreendam os conceitos e sistemas a serem utilizados.

3.2 BIOCLIMATOLOGIA

Arquitetura bioclimática se caracteriza por valorizar as condições climáticas regionais e locais no processo projetual. Considerando principalmente a interação do sol, vento, água, topografia e vegetação com o edifício e cada espaço individualmente, estabelecendo estratégias que visem resultados positivos desta relação, para adaptar a construção ao clima e produzir, entre outros benefícios, espaços com conforto maior e mais adequados.

Apesar de muitas estratégias existirem desde a antiguidade, estes estudos vêm sendo resgatados nos dias atuais, principalmente pelo aumento do condicionamento térmico/lumínico passivo que este proporciona, ou seja, a busca de conforto aos ocupantes de forma natural, sem a utilização de equipamentos mecânicos que consomem energia. Isto é relevante, pois grande parte deste consumo em uma edificação é direcionado a propiciar conforto ao usuário (ar-condicionado/ aquecedor, ventilador, iluminação artificial, aquecimento de água). Assim, essa forma de projetar, juntamente com a utilização de materiais e tecnologias adequadas, promove, como consequência, a redução significativa do consumo energético em um edifício. Auxiliando também na otimização do consumo de recursos naturais, o que torna o projeto bioclimático essencial para a sustentabilidade.

Implementando a bioclimatologia no projeto em estudo, deve-se primeiramente entender o clima da região do terreno e como este afetará a edificação que ali será construída, noções de conforto, orientação, insolação, ventilação e iluminação natural, trajetória solar ao longo do dia e ano e materiais do envolvente, conforme descrito adiante.

3.2.1 Conforto

“Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente”, conforme definido por ASHRAE (2001). Portanto determinar parâmetros globais para conforto térmico não é uma tarefa fácil, uma vez que é subjetivo.

De forma mais direta, o conforto se dá por meio do equilíbrio térmico entre o corpo e o ambiente que o cerca: o calor produzido pelo homem, de acordo com a atividade no momento, somado ao calor recebido deste ambiente deve ser igual ao calor liberado para manter uma temperatura constante.

A interação térmica do corpo com o ambiente se dá através de trocas por radiação (entre o sol ou a abóboda celeste e a construção e, posteriormente, entre os ocupantes e paredes e teto), por condução (contato direto entre o corpo e as superfícies) e convecção (entre o corpo e o ar que o rodeia e entre o último as paredes).

Diversos estudiosos tentam revelar qual seria o padrão ideal para o conforto, o que dá origem a diversas cartas bioclimáticas. A carta com maior aplicabilidade para estudos deste tema no Brasil é a carta apresentada por GIVONI (1992), figura 3.1, que foi desenvolvida para países quentes e úmidos. Nela é possível identificar, pela umidade relativa, pelas temperaturas de bulbo seco e úmido e pela razão de umidade apresentadas em um determinado local, os tipos de estratégias a serem adotadas.

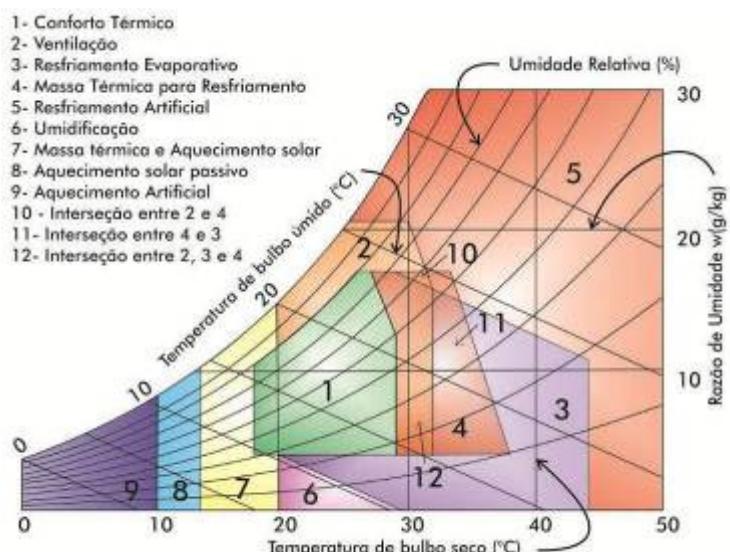


FIGURA 3.1 - Carta Bioclimática de Givoni.

FONTE: O autor (adaptado de Givoni, 1992).

Em um dos métodos para identificar as zonas bioclimáticas as quais estão presentes na localidade em análise, deve-se traçar linhas normais com dados climatológicos locais (temperaturas médias do ar, temperaturas médias e absolutas mínimas e máximas, umidade relativa média) para cada mês do ano. A figura 3.2 mostra o diagrama bioclimático para a cidade do Rio de Janeiro.

O Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (1961-1990) disponibiliza, a cada 30 anos, as normais climatológicas das principais cidades do país, que são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos. Os dados apresentados são de temperaturas máximas, mínimas e médias, precipitação, insolação, nebulosidade, umidade relativa do ar e evaporação. Esta é uma importante ferramenta para o estudo bioclimático no Brasil.

Existe hoje uma série de programas computacionais que trabalham com os dados dessas normais climatológicas e geram as cartas bioclimáticas automaticamente, a partir dos dados já imputados no sistema das principais cidades, e também aceitam a inserção de dados manualmente de uma localidade que não faça parte da lista de cidades analisadas pelo INMET. A figura 3.3 mostra a carta gerada pelo software Analysis Bio para o Rio de Janeiro.

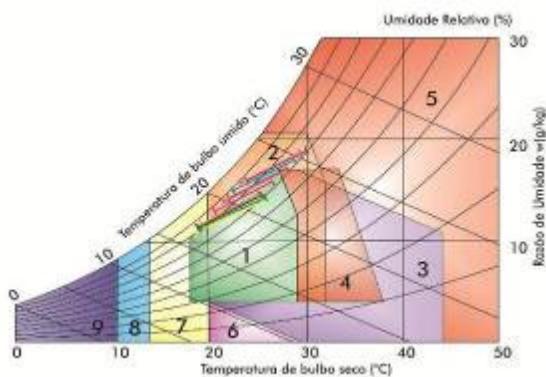


FIGURA 3.2 - Diagrama bioclimático Rio de Janeiro
FONTE: O autor (adaptado de Givoni, 1992).

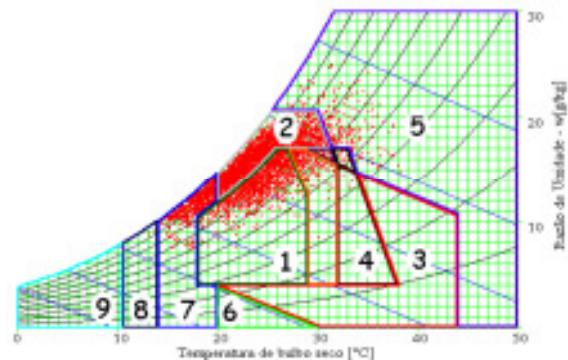


FIGURA 3.3 - Carta bioclimática Rio de Janeiro
FONTE: Software Analysis Bio

Por meio da análise das cartas apresentadas, é possível concluir que o Rio de Janeiro possui 20,8% das horas anuais dentro da zona de conforto, 64,2% em desconforto por calor e 15% em desconforto por frio, conforme tabela 3.1. Pode-se observar também que a ventilação natural é a principal estratégia para a cidade, solucionando 61% do desconforto por calor, e que, se projetada de forma bioclimática, seria realmente necessária em uma edificação a utilização artificial de condicionamento do ar em apenas 3% das horas anuais, o que mais uma vez nos mostra a importância deste conceito.

TABELA 3.1 - HORAS DE CONFORTO E DESCONFORTO PARA O RIO DE JANEIRO

Zonas Bioclimáticas		% de Horas anuais	% Totais de horas anuais
Conforto	1- Conforto	20,8	20,8
Desconforto por Calor	2- Ventilação	61	
	3- Resfriamento Evaporativo	0,1	
	4- Massa Térmica para Resfriamento	0,1	
	5- Resfriamento Artificial	3	
	6- Umidificação	0	
Desconforto por Frio	7- Massa térmica com Aquecimento Solar	14,8	64,2
	8- Aquecimento Solar Passivo	0,2	
	9- Aquecimento Artificial	0	

FONTE: Software Analysis Bio

É importante notar que em alguns momentos do ano, por características tão variadas da zona de conforto, não é possível desenvolver condições de conforto com estratégias naturais. O que nos leva a concluir que, havendo a impossibilidade de conforto em todas as horas do ano, devemos buscar que o edifício funcione bem na maior parte possível do tempo, reduzindo de forma considerável, e não vedando, a utilização de equipamentos quando necessário.

Pelo fato do desconforto por calor ocorrer na maior parte do ano, o desconforto por frio em porcentagens muito menores e as estratégias para mitigar esta última conflitarem com as de minimização do calor, já que a utilização de massa térmica para aquecimento (para evitar perdas de calor) provocaria efeito negativo nas épocas mais quentes, adotaremos basicamente a ventilação natural eficiente para o projeto em estudo. Pode-se analisar a eficácia de implementação de massa térmica para resfriamento em climas quentes como o Rio de Janeiro.

Para cada estratégia da carta existem condições climáticas e limites específicos de temperatura e umidade. Temos o detalhamento destas características para os casos das zonas bioclimáticas mais frequentes para o Rio de Janeiro na figura 3.4.

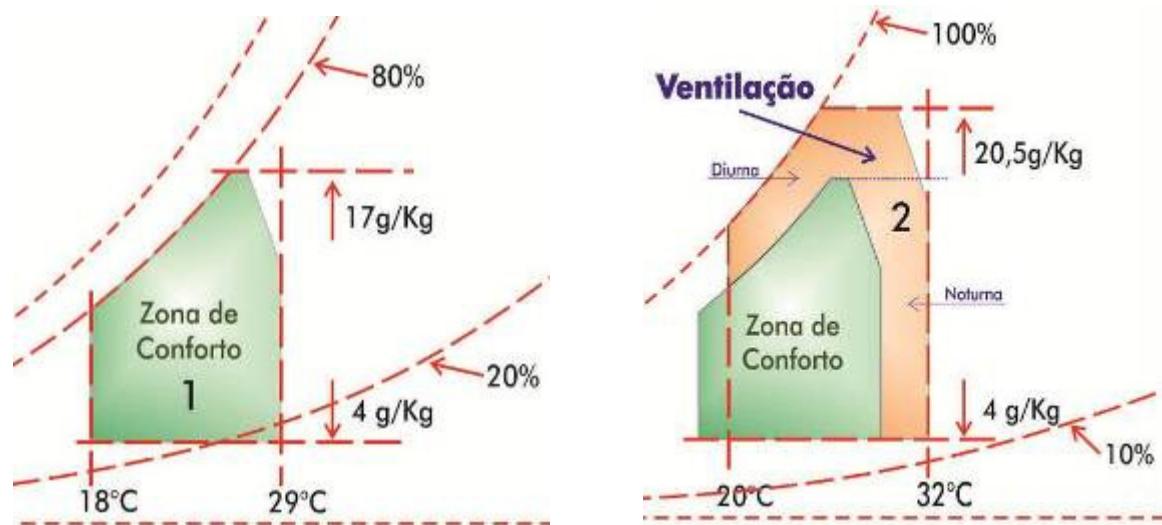


FIGURA 3.4 - Detalhamento das estratégias mais frequentes para o Rio de Janeiro.

FONTE: O autor

Os limites da zona de conforto para Givoni estão entre temperaturas de bulbo seco de 18°C e 29°C, umidade relativa do ar entre 20% e 80% e razão de umidade entre 4g/kg e 17g/kg. Sob estas condições o meio, para a maior parte dos ocupantes, se encontra em equilíbrio, não havendo a necessidade de utilização de nenhuma estratégia bioclimática e sim a manutenção para que tais condições não sofram alterações.

Quando o lugar estiver com temperaturas entre 20°C e 32°C, 15% a 100% de umidade relativa e 4g/kg e 20,5g/kg de razão de umidade, este precisa receber ventilação para manter as condições de conforto, assim, a temperatura interna recebe ar fresco, renova e expulsa o ar mais quente, e provoca sensação de frescor aos ocupantes por perdas de calor por convecção.

As definições de conforto podem se estender tanto por parte das pessoas, que declaram condições de conforto em temperaturas distintas de outras, quanto por parte do projetista. Mas um projeto inteligente visa à implementação de elementos ajustáveis para responder às condições variáveis, como venezianas móveis que permitem ou bloqueiam a ventilação.

3.2.2 Insolação

Outro fator importante sobre a implementação da bioclimatologia nas etapas projetuais é a insolação, responsável pelo ganho de carga térmica no interior da edificação através da radiação solar direta (raios solares) e indireta (abóboda celeste).

Seu estudo define as linhas geométricas principais (implantação) que se relacionam melhor com o sol, melhores protetores solares e materiais mais adequados da envolvente (tratado no item seguinte).

Primeiramente, é importante entender a trajetória solar em relação a Terra, horários que o sol está mais intenso, direção dos raios em relação às fachadas e locais da construção que se encontram mais vulneráveis. Para isso, usa-se como instrumento a carta solar, que varia de acordo com a latitude do local.

Por sua trajetória elíptica em torno do sol, há épocas que a terra está mais próxima ou mais afastada do sol, que o hemisfério sul recebe maior incidência e outras que o hemisfério norte a recebe, o que define as estações do ano. Os extremos deste ciclo são definidos pelos solstícios de verão e inverno que ocorrem no hemisfério sul, respectivamente nos dias 22 de dezembro, marcando o início do verão (dia que a terra está mais próxima do sol), e 22 de junho, início do inverno (dia que a terra está mais distante do sol). Os equinócios, posições entre os dois solstícios, acontecem quando os dois hemisférios estão dispostos simetricamente em relação ao sol, recebendo a mesma radiação e os dias e as noites duram o mesmo tempo. Estes marcam a chegada do outono em março e da primavera em setembro. No verão a incidência do sol é maior e mais inclinada, quando no inverno é menor e mais baixa. O sol nasce mais cedo e se põe mais tarde no verão.

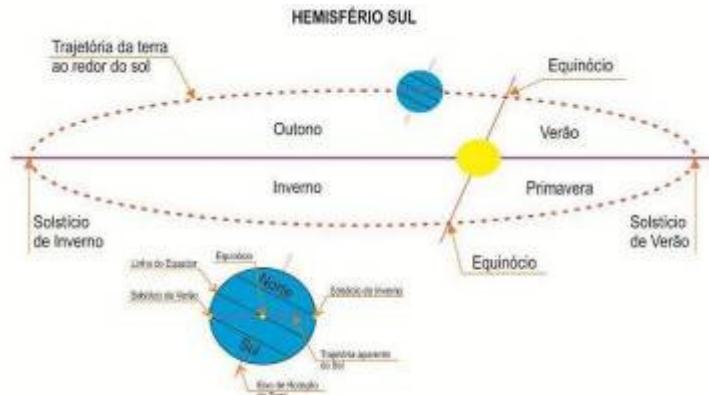


FIGURA 3.5 - Percurso da terra em relação ao sol

FONTE: O autor.

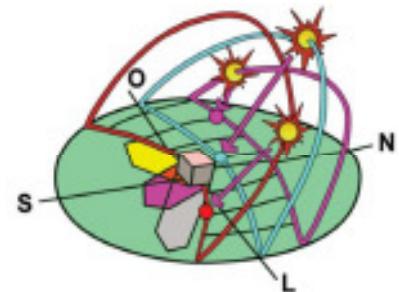


FIGURA 3.6 - Percurso do sol em relação a terra

FONTE: Selo casa azul (2010 apud LAMBERTS, DUTRA & PERREIRA, 1997).

A carta solar apresenta de forma planificada as trajetórias do sol em relação a Terra, que varia diariamente e vai e vem entre os solstícios. Nela podemos identificar a altitude solar (α) em uma determinada hora de um dia ao longo do ano e, portanto, identificar o ângulo de incidência sobre a edificação por fachada por hora. A figura 3.7 revela como é feita a leitura da carta solar e a figura 3.8 demonstra como encontrar o azimute ($103,4^\circ$) e a altura solar ($35,2^\circ$) do dia 22 de dezembro às 8h.

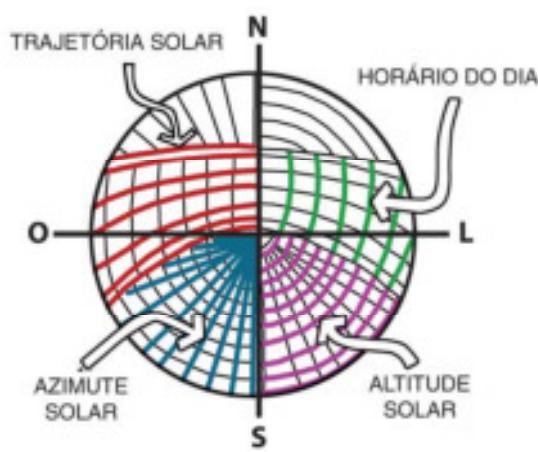


FIGURA 3.7 – Leitura da Carta Solar

FONTE: Selo casa azul, 2010

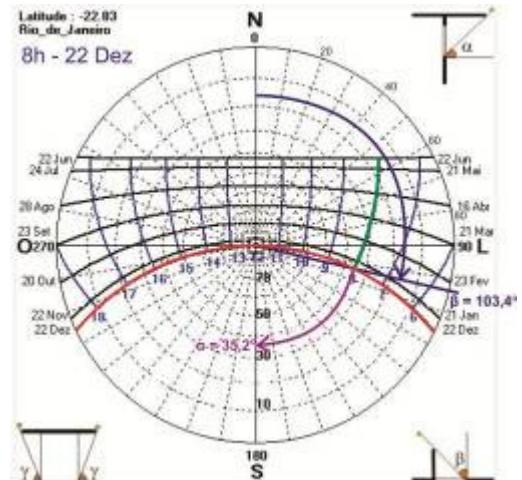


FIGURA 3.8 - Carta Solar para o Rio de Janeiro

FONTE: Software Sol-Ar 6.2.

Para identificarmos a insolação em cada fachada, devemos realizar um levantamento local de radiação e temperaturas horárias médias mensais do ar, entre 6h e 18h, ao longo do ano, dados pelas normais climatológicas da cidade e sobrepor as informações na carta solar. Caso a cidade em análise não possua estes dados, como é o caso de Itaguaí, pode-se utilizar os dados da cidade mais próxima que esteja na mesma zona bioclimática.

Com estes dados em mãos, é possível identificar as fachadas que recebem maiores radiações durante o dia e consequentemente definir a orientação adequada dos espaços internos dependendo do seu uso e os ângulos que dimensionam as proteções solares das aberturas, de acordo com os horários críticos durante o ano, nos quais não deve haver a radiação direta.

A sobreposição dos dados climáticos na carta solar pode ser elaborada manualmente por meio de cálculos e também pode ser encontrada no Software Sol-Ar desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), figura 3.9.

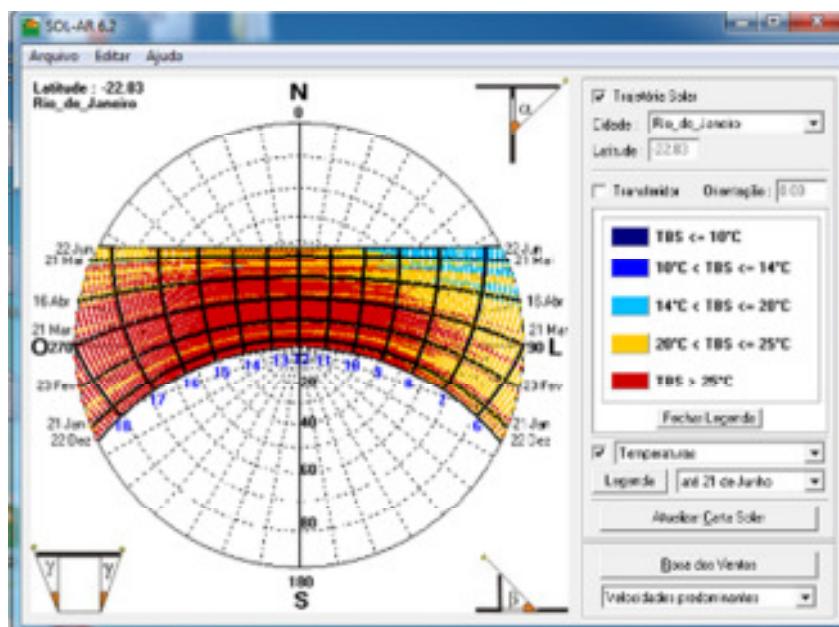


FIGURA 3.9 - Sobreposição de dados climáticos na carta solar para o Rio de Janeiro.

FONTE: Software Sol-Ar 6.2.

O procedimento de dimensionamento das proteções de aberturas deve ser considerado para oito orientações de fachada a cada 45° de variação de azimute. Adicionalmente, à carta com os dados climáticos deve-se sobrepor o gráfico de radiação solar incidente (W/m^2), figura 3.10, para cada uma destas orientações. Dessa forma, pode-se definir a faixa que se pretende proteger.

Determina-se que devem ser minimamente protegidas as aberturas quando houver incidência solar nos horários em que as temperaturas sejam superiores em 3° à temperatura média mensal neutra e quando coincidirem ou não com a radiação de 600 W/m^2 . As proteções não são necessárias quando forem solicitadas por menos de dois meses no ano, duas horas no dia e/ ou após às 17h. (INMETRO - RTQ, 2010).

Em seguida, define-se a máscara de sombreamento desejada. Para isto, utiliza-se o transferidor auxiliar sobre a carta e encontram-se os ângulos correspondentes aos horários e dias ao longo do ano em que se pretende evitar a radiação solar direta. Conforme se observa na figura anterior, o ângulo “ α ” serve para determinar a dimensão da proteção horizontal em corte, o ângulo “ β ” para dimensionar as proteções verticais em planta e o ângulo “ γ ” para limitar o dimensionamento tanto dos protetores horizontais como dos verticais em vista. Cada ângulo do transferidor corresponde a um destes ângulos conforme nota-se na figura 3.10.

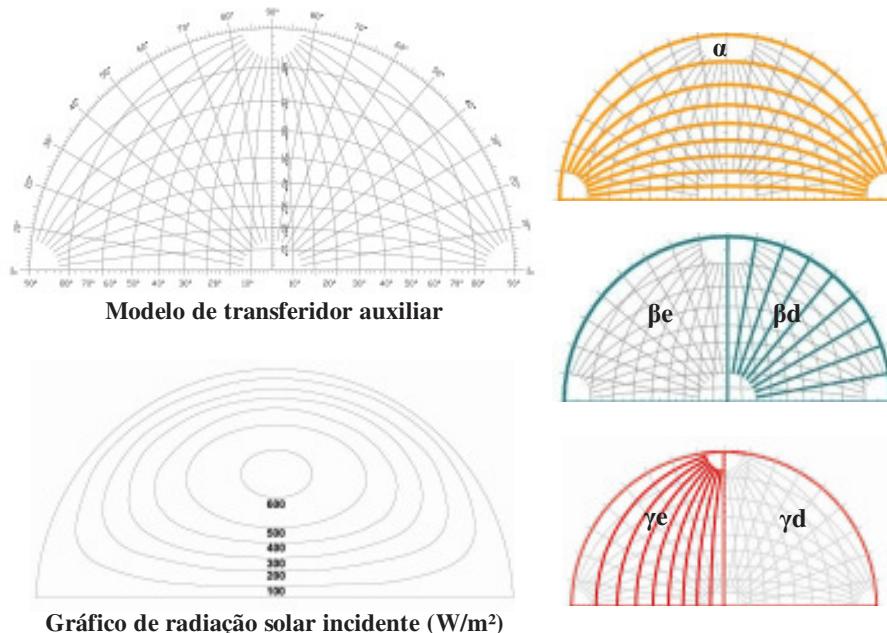


FIGURA 3.10 – Ferramentas de auxílio para dimensionamento de proteções de aberturas.

FONTE: INMETRO - RTQ, 2010.

A figura 3.11 mostra a máscara de sombreamento e o protetor solar, definido a partir desta, sobre a carta solar do Rio de Janeiro, para uma abertura na fachada Norte, que será protegida nos meses de agosto a abril nos horários entre 10h e 15h.

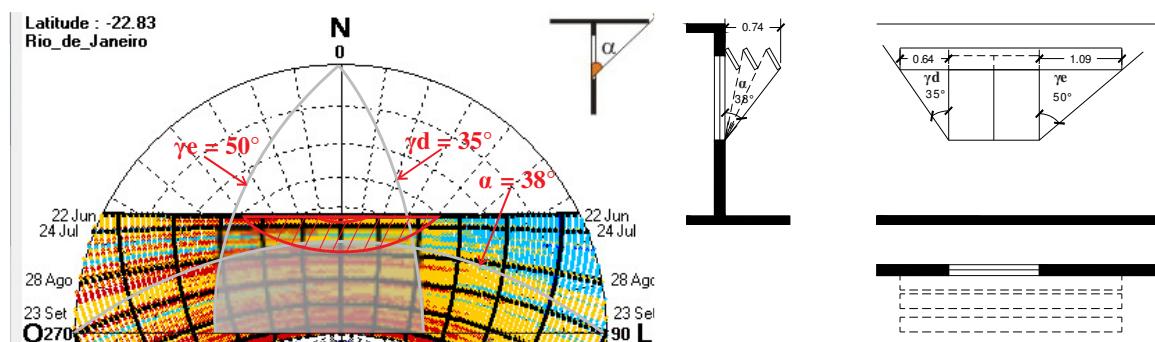


FIGURA 3.11 – Máscara de sombreamento e protetor solar definido para fachada Norte.

FONTE: Software Sol-Ar 6.2; o autor.

De uma forma geral pode-se notar que a radiação se comporta de um modo semelhante no hemisfério sul. Pelo início da manhã as fachadas leste recebem maior incidência de radiação, conforme as horas vão passando esta incidência vai diminuindo e aumentando nas coberturas e fachadas norte. Ao meio dia, a maior incidência é na cobertura seguida pela fachada norte, a incidência tem a mesma intensidade nas fachadas leste, oeste e sul. Já na parte da tarde a incidência nas coberturas e fachadas norte vai diminuindo e aumentando na fachada oeste. As fachadas sul são as que recebem menor incidência durante todo o ano, e normalmente são maiores pelo início da manhã e no final da tarde. (GONZÁLEZ, 2004).

Portanto, como no Rio de Janeiro é preciso evitar ao máximo a incidência direta, deve-se evitar grandes aberturas para as fachadas leste e oeste, que devem receber, quando não for possível evitá-las, proteções principalmente verticais, por bloquear melhor a radiação quando o sol está baixo de forma mais adequada, já que a horizontal oferece maior proteção quando a altura solar é maior. As aberturas nas fachadas norte podem levar uma combinação de protetores verticais e horizontais dependendo de cada caso.

A melhor implantação neste caso seria uma forma longitudinal no eixo leste-oeste, de maneira que as menores fachadas estivessem voltadas para estas orientações e assim a edificação receberia menor incidência solar nas horas mais críticas.

Conclui-se que, já que não há a necessidade de ganho térmico para as edificações no Rio de Janeiro, deve-se evitar ao máximo a exposição direta ao sol nas horas mais críticas. Quanto maior o sombreamento das fachadas, menor exposição destas à insolação e especificação adequada de materiais da envolvente o resultado será de maior desempenho térmico.

3.2.3 Envolvente

Para a determinação de um bom desempenho térmico, no que diz respeito à envoltória, deve-se considerar, além das condições do clima local e insolação já ditas anteriormente, as áreas das aberturas, que determinam o fator de ventilação, materiais das paredes e coberturas e aberturas envidraçadas, que participam do balanço da carga térmica no interior da edificação.

As propriedades das paredes e coberturas que se relacionam com o fluxo de calor são chamadas de transmitância térmica (transmissão de calor para o interior do ambiente por condução), capacidade térmica (inércia térmica), absorvância solar (fração de radiação solar absorvida quando há incidência em uma superfície, propriedade principalmente relacionada à cor) e atraso térmico (tempo que a superfície interior do componente varia de temperatura

após uma variação de temperatura na sua superfície externa). A propriedade, relacionada principalmente aos componentes translúcidos ou transparentes, é chamada de fator solar.

Com objetivo de estabelecer padrões para projetos de arquitetura bioclimáticos, em setembro de 2003, a ABNT lançou a NBR 15220 que trata do desempenho térmico de edificações. Dividida em cinco partes, desenvolve o tema de forma bastante detalhada, tratando desde definições gerais aos métodos de cálculo de capacidade e transmitância térmica.

Para o momento do projeto, o que é importante saber é que esta norma divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas de acordo com características climáticas semelhantes e a partir disso propõe recomendações técnico-construtivas para cada uma delas objetivando estratégias de condicionamento térmico passivo para otimizar o desempenho térmico e adequar a edificação ao clima.

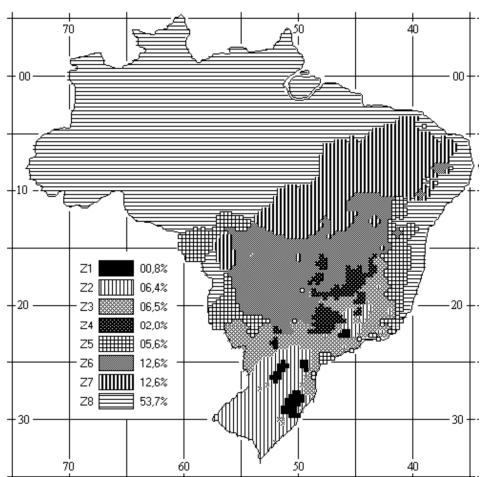


FIGURA 3.12 - Zoneamento bioclimático Brasileiro
FONTE: ABNT NBR 15220

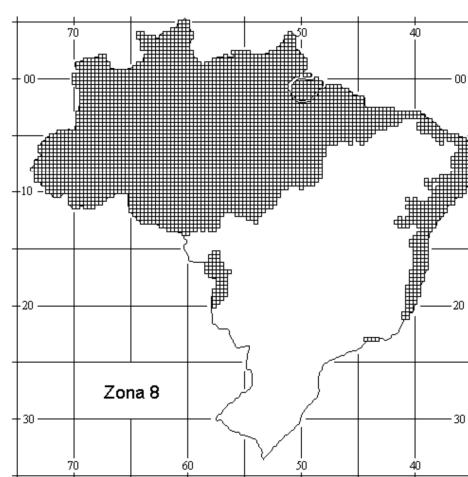


FIGURA 3.13 - Zona bioclimática 8
FONTE: ABNT NBR 15220

De acordo com a norma, o Rio de Janeiro está inserido na zona bioclimática 8 e a recomendação de condicionamento térmico passivo é a ventilação cruzada permanente no verão (o que também ajuda a renovar o ar do ambiente e melhorar a sensação térmica, provocada pela alta umidade), grandes aberturas para ventilação (maiores que 40% da área do piso) e sombreamento das aberturas para evitar ganho térmico pela radiação solar direta.

Além disso, a norma recomenda o uso de paredes externas e coberturas leves e refletoras, indicando os parâmetros que os revestimentos devem possuir, para as cidades na mesma zona bioclimática da cidade em questão. Neste caso, a transmitância térmica (U), atraso térmico (ϕ) e fator solar (FS_o) estão indicados na figura 3.14.

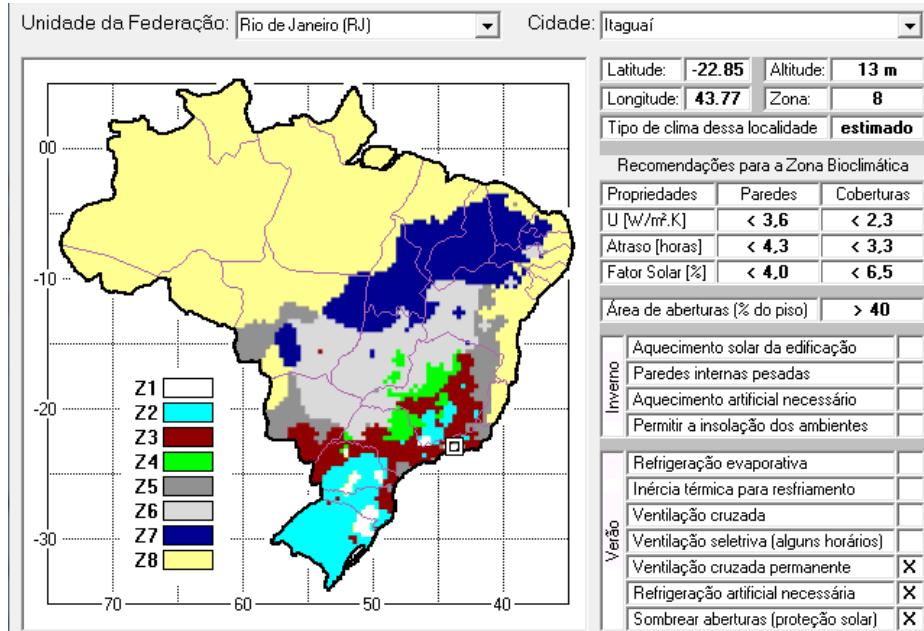


FIGURA 3.14 - Classificação bioclimática e diretrizes construtivas para Itaguaí conforme NBR 15220-3.

FONTE: Software ZBBR 1.1 (UFSCar).

Outra ferramenta bastante importante para a melhor especificação de materiais da envolvente é a NBR 15575 que, além de outros temas relacionados ao desempenho da edificação para atender as exigências dos usuários no decorrer do seu uso, trata também sobre o tema de desempenho térmico.

Esta norma apresenta os procedimentos para avaliação de nível de desempenho térmico (método prescritivo, de simulação) que pode variar de insatisfatório à superior, dependendo do atendimento aos requisitos e critérios. Muitas vezes estas exigências estão vinculadas à NBR 15220 com algumas complementações.

Para paredes externas, dentro dos critérios recomendados, apresenta-se somente um critério de desempenho mínimo, não possui exigência para valores de capacidade térmica para esta zona bioclimática e a absorção à radiação solar (α) está indicada na figura 3.15. Para a cobertura, dependendo das propriedades do sistema, pode-se variar entre desempenho mínimo, intermediário e superior, conforme observado na figura 3.16. Já sobre aberturas para ventilação, esta norma possui critérios menos restritivos que a NBR 15220 e determina que as aberturas para a zona bioclimática 8 devem ser maiores ou iguais a 15% da área de piso.

Transmitância Térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,6$	$\alpha^{\text{a}} > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

* α é absorção à radiação solar da superfície externa da parede.

FIGURA 3.15 – Critérios e níveis de desempenho de paredes externas.

FONTE: ABNT NBR 15575

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ¹⁾	Nível de desempenho
$U \leq 2,3$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,6$	$\alpha^{\text{a}} > 0,6$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,4$	$\alpha^{\text{a}} > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3 \text{ FV}$	$U \leq 1,5 \text{ FV}$
$U \leq 1,5$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,6$	$\alpha^{\text{a}} > 0,6$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,4$	$\alpha^{\text{a}} > 0,4$
	$U \leq 1,5$	$U \leq 1,0$	$U \leq 1,5 \text{ FV}$	$U \leq 1,0 \text{ FV}$
$U \leq 1,0$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,6$	$\alpha^{\text{a}} > 0,6$	$\alpha^{\text{a}} \leq 0,4$	$\alpha^{\text{a}} > 0,4$
	$U \leq 1,0$	$U \leq 0,5$	$U \leq 1,0 \text{ FV}$	$U \leq 0,5 \text{ FV}$

¹⁾ Na zona bioclimática 8 também estão estendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.

NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220/2.

FIGURA 3.16 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas.

FONTE: ABNT NBR 15575

Apresentam-se também na norma as exigências de desempenho segundo as condições térmicas no interior de ambientes de permanência prolongada de acordo com a estação do ano. Para o verão, os valores máximos diários da temperatura do ar no interior devem ser menores ou iguais aos valores máximos diários da temperatura do ar no exterior, para um desempenho mínimo, conforme apresentado na figura 3.17. Para o inverno não há necessidade de verificação desse critério para as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,\max} \leq T_{e,\max}$	$T_{i,\max} \leq T_{e,\max}$
I	$T_{i,\max} \leq (T_{e,\max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,\max} \leq (T_{e,\max} - 1^\circ \text{C})$
S	$T_{i,\max} \leq (T_{e,\max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,\max} \leq (T_{e,\max} - 2^\circ \text{C}) \text{ e}$ $T_{i,\min} \leq (T_{e,\min} + 1^\circ \text{C})$

$T_{i,\max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e,\max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;

$T_{i,\min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e,\min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

FIGURA 3.17 – Critérios de avaliação de desempenho térmico no verão.

FONTE: ABNT NBR 15575

A figura 3.18 mostra alguns exemplos de paredes externas e coberturas leves e refletoras dentro dos parâmetros recomendados pelas normas, com obtenção de bom desempenho, para

as cidades da mesma zona bioclimática. Para os tipos de paredes abaixo relacionadas, o revestimento deverá ser de caiação, argamassa de revestimento ou pintura de cor clara, e as coberturas listadas com cores claras (absortância < 0.4). É importante destacar que para esta zona não há exigências de critérios para paredes internas.

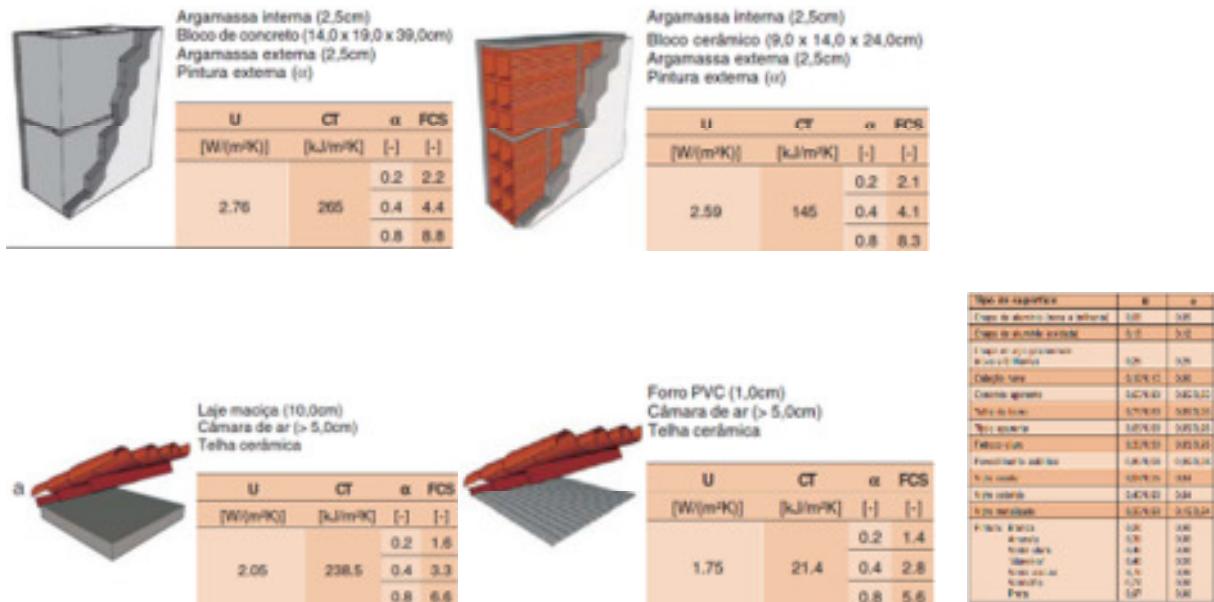


FIGURA 3.18 – Tipologias de paredes e coberturas e seus parâmetros.

FONTE: Selo casa azul, 2010

Deve-se tomar cuidado especial quanto ao tipo de cobertura e seu desempenho, pois é através dela que a edificação tem o maior ganho térmico. A cobertura é a componente de maior exposição à radiação solar e por longos períodos no dia ao longo do ano. Seu desempenho é definido pelas características dos materiais utilizados, os tipos de acabamentos e telhas, cores, formato e inclinação do telhado e se possui forro, isolamento térmico, sombreamento, ventilação ou vegetação.

Além das propriedades recomendadas nas normas, é possível melhorar o desempenho térmico da cobertura implementando outras estratégias como: direcionar a orientação da cobertura inclinada com uma só água, caso não exista sistema de captação de energia solar, para o sul (zona bioclimática 8), por ser a que menos recebe radiação solar direta ao longo do ano (caso tenha duas águas, melhor orientá-las para norte-sul); pode-se tomar partido da própria volumetria da edificação ou introduzir paisagismo apropriado para produzir sombras no telhado; a ventilação cruzada em um telhado ajuda a diminuir as cargas térmicas; deve-se evitar aberturas zenitais com vidros expostos à radiação solar direta.

A utilização de “telhados verdes” resulta no aumento da eficiência do desempenho térmico, pois as coberturas vegetadas possuem baixos valores de transmitância térmica, parte da

radiação solar incidente é absorvida pela vegetação para suas funções biológicas e a camada funciona como sombreador da cobertura, o que diminui o fluxo de calor transmitido pela cobertura para o interior da edificação, além das vantagens relacionadas à economia de energia (refrigeração) e ao interesse socioambiental pelo grande potencial de redução de inundações e minimização dos efeitos de ilha de calor, se aplicados em larga escala, nos centros urbanos. (CASA EFICIENTE, 2010).

Superfícies pavimentadas no entorno da edificação possuem alta capacidade de reflexão, o que também contribui para ganhos de cargas térmicas da edificação, por elevarem a temperatura do ar a sua volta. Ao receber a incidência solar, o concreto, por exemplo, pode refletir de 25% a 35%, ao mesmo tempo em que a grama reflete somente de 10% a 15%. Portanto, é importante reduzir a áreas pavimentadas nas áreas exteriores e utilizar o paisagismo de forma positiva, já que a vegetação possui uma tendência natural de estabilizar a temperatura e, dependendo do seu tipo, pode até mesmo interceptar poeira e limpar o ar. (HERTZ, 2003).

O desempenho das janelas é outro componente da envolvente que está relacionado ao tema e influencia no desempenho térmico total da edificação. Os vidros são materiais transparentes e permitem a iluminação natural e a visibilidade do exterior, porém podem também trazer prejuízos térmicos, acústicos e econômicos quando mal empregados.

Parte da radiação incidente na superfície transparente é absorvida, outra parte é refletida e/ ou transmitida, dependendo das características do material e comprimentos de onda do raio incidente. O vidro comum possui alto percentual de transmissão por transparência, o que contribui para elevar a temperatura no interior dos ambientes. Possui também baixa refletividade e absorvidade.

O principal dado de avaliação do vidro é seu fator solar, que é a razão entre a quantidade de radiação solar que entra efetivamente e a que incide no vidro. Portanto, quanto menor o fator solar menor será a radiação total absorvida e transmitida pelo vidro para o ambiente.

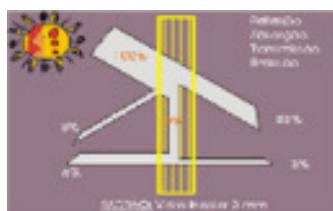


FIGURA 3.19 – Comportamento do vidro comum à radiação incidente

FONTE: Alusistem. Disponível em: <http://www.alusistem.com.br/vidros.htm>. Acesso em: 04 mar. 2012

Hoje, no mercado há grande quantidade de vidros criados para auxiliar o desempenho térmico e manter os benefícios de aplicação deste material. São diversos tipos de vidros absorventes e refletores. Os absorventes claros possuem maior capacidade de absorvidade que o vidro comum, menor capacidade de transmissividade e baixa refletividade; os absorventes escuros possuem altas taxas de absorvidade e baixas taxas de transmissividade e refletividade; já os vidros refletores, são os que possuem menores fatores solares, com altas taxas de refletividade e baixas taxas de transmissividade. (LAMBERTS, et al. 2011).

Superfícies transparentes		F_s
Vidros	Transparente (simple)	3 mm 0,87
	Transparente (simple)	6 mm 0,83
	Transparente (duplo)	3 mm 0,75
	Cinza (fumê)	3 mm 0,72
	Cinza (fumê)	6 mm 0,60
	Verde	3 mm 0,72
	Verde	6 mm 0,60
	Reflexivo	3 mm 0,26 – 0,37
Películas	Reflexiva	0,25 – 0,50
	Absorvente	0,40 – 0,50
Acrílico	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
	Reflexivo	0,18
Polycarbonato	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
Domes	Claro	0,70
	Translúcido	0,40
Tijolo de vidro		0,56

FIGURA 3.20 – Fator solar para alguns tipos de superfícies transparentes

FONTE: LAMBERTS et al (1997 apud LabEEE, 2010).

3.2.4 Ventilação natural

A ventilação em uma edificação acontece para remover as cargas térmicas retidas em seu interior e produzir uma sensação de redução de temperatura aos ocupantes pelo resfriamento fisiológico provocado pela perda de calor por convecção entre o movimento do ar e a pele, além de manter a qualidade e higienização do ar. Essa ventilação pode acontecer pela diferença de pressão estática (temperatura) ou dinâmica (forças do vento) entre as superfícies do interior e do exterior.

Quando há diferença de temperatura, o ar aquecido, mais leve, tende a subir deixando o espaço livre para ser ocupado por ar com temperatura mais baixa, que por sua vez também será aquecido e ascenderá, determinando o chamado “efeito chaminé”. A intensidade do deslocamento do ar, neste caso, depende da diferença de altura das entradas e saídas de ar e da diferença de temperatura entre o exterior e o interior. Como em lugares de clima quente e úmido não há grandes diferenças de temperatura, essa técnica se torna um pouco limitada. (PROCEL EDIFICA, 2010).

A ventilação por diferença de pressão dinâmica, produzida pela força da velocidade do vento, ocorre quando, ao chocar-se com o edifício, criam-se zonas de escoamentos positivas (pressão maior que a atmosférica que tende a empurrar a superfície) e negativas (pressão menor que a atmosférica e superfície é sugada). Portanto o ar tende a entrar na edificação pelas zonas de pressão positivas e a sair através das zonas de pressão negativas. Conforme mostra a figura 3.21. Quanto maior a diferença de pressão entre a entrada e a saída, maior será a movimentação do ar.

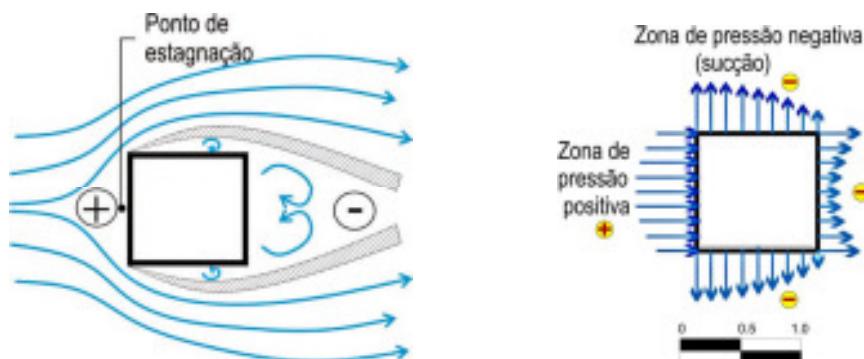


FIGURA 3.21 - Zonas de pressão positivas e negativas

FONTE: Procel edifica, 2010.

Para a melhor adequação do formato, orientação e posição das aberturas é necessário identificar as características e comportamento dos ventos locais. Segundo o Software Sol-Ar (figuras 3.22 e 3.23), em qualquer época do ano, a direção dos ventos predominantes para o Rio de Janeiro vem do sudeste com maior frequência de ocorrência, seguidos pelos ventos que vem do sul, leste e norte. Os ventos com maiores velocidades vêm do sul podendo chegar a 6m/s, entretanto, observando os dados apresentados, pode-se notar o grande potencial de ventilação natural para esta localidade já que a velocidade do vento em qualquer direção atende às necessidades em todas as épocas do ano com velocidades predominantes iguais a 3m/s.

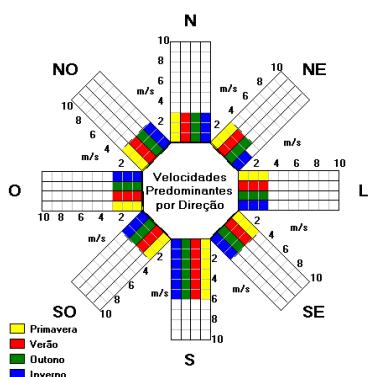


FIGURA 3.22 - Velocidades Predominantes
FONTE: Software Sol-Ar 6.2

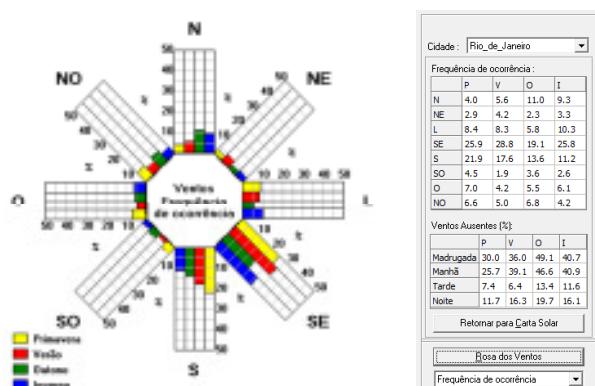


FIGURA 3.23 - Frequência de Ocorrência
FONTE: Software Sol-Ar 6.2

No verão há maior necessidade de utilização da estratégia de ventilação que em outras épocas do ano, e é justamente nesse período onde há menor calmaria, ou seja, períodos onde não há ocorrência de ventos. A menor porcentagem de ausência de ventos se dá, convenientemente, nas tardes de verão com 6,4% e a maior nas madrugadas de outono com 49,1%. Normalmente as madrugadas e manhãs em todas as épocas do ano possuem as maiores taxas de calmaria, e as tardes e noites com maior probabilidade de incidência de ventos. A maior frequência de ocorrência de ventos acontece no verão a sudeste com 28,8% a 3m/s e sul com 17,6% a 6m/s.

Dependendo do nível de atividade, o corpo resiste a maiores ou menores temperaturas. Se com roupas leves, dormindo em um ambiente não ventilado, a temperatura do ambiente para o conforto do usuário pode ser de 29°, já em atividade diminui para 18°. Caso esse ambiente possua ventos com 0,2m/s, essas temperaturas poderiam subir respectivamente para 29,5° e 19,5°, e elevando a velocidade do vento para 1,0m/s poderíamos chegar a temperaturas de 31° e 23°, mantendo o mesmo conforto. Ou seja, devido a sensação refrescante produzida pelo ar em movimento, a tolerância do corpo a uma temperatura pode aumentar a medida que a velocidade do ar a sua volta aumenta.

O comportamento do vento no interior de um ambiente é determinado pela dimensão, formato e posição das aberturas de entrada em relação à parede, a tipologia destas aberturas e elementos arquitetônicos ao seu redor.

Maiores velocidades de vento no interior são obtidas com maiores aberturas de saída de ar, para entradas do mesmo tamanho, ou seja, saídas maiores que entradas tendem a causar ganhos de velocidade na corrente de ar, segundo princípio do efeito de (PROCEL EDIFICA, 2010). Entradas de ar com dimensões maiores que saídas tendem a reduzir o fluxo de ar por causar maiores pressões envolta das aberturas de saída, porém fornece uma disposição mais regular da velocidade no interior. Para aberturas de entrada e saída de mesmo tamanho, a tendência é da velocidade variar de acordo com a permeabilidade do ambiente. Abertura de entrada a 45° em relação a incidência do vento predominante e saída na parede oposta produz maior turbulência e melhora o fluxo do ar em relação a abertura de entrada a 90° . Conforme se pode observar nas figuras 3.24 e 3.25.

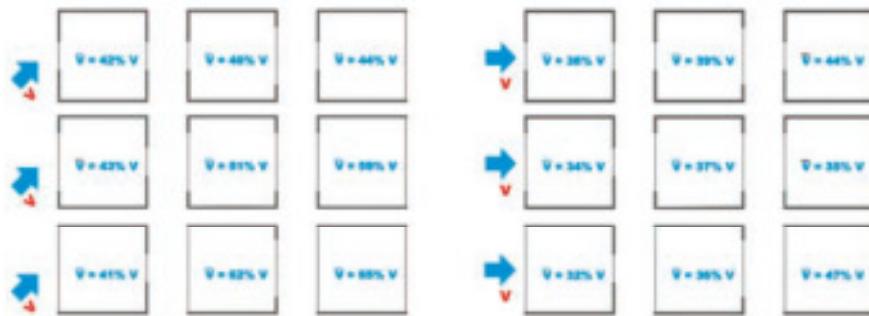


FIGURA 3.24 - Velocidades médias no interior de acordo com dimensões das aberturas de entrada e saída e incidências do vento a 45° e 90°.

FONTE: Givoni (1976 apud Procel edifica, 2010)

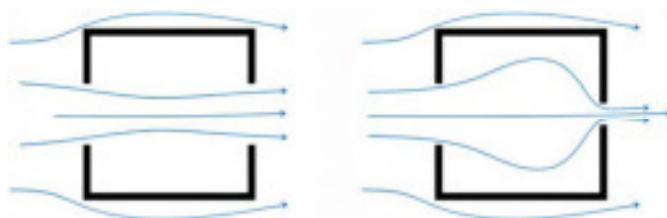


FIGURA 3.25 - Comportamento do fluxo de ar no interior do edifício em função das aberturas de saída.

FONTE: Givoni (1976 apud Procel edifica, 2010)

A altura das aberturas também deve ser posicionada de acordo com o objetivo da ventilação naquele ambiente. Quando altas na mesma direção, oferece uma ventilação mais higiênica, quando na altura do corpo, tende a proporcionar resfriamento fisiológico.

As aberturas horizontais possuem maior capacidade de circulação do ar no ambiente interior que formatos verticais ou quadrados. A localização da abertura de entrada possui maior influência no comportamento do movimento do ar no interior que a abertura de saída. Aberturas de localização centralizada à largura do ambiente produzem maiores taxas de ventilação do que as localizadas nas extremidades. (PROCEL EDIFICA, 2010).

A velocidade do ar vai aumentando e sua temperatura reduzindo à medida que a elevação em relação ao piso aumenta. O que leva a concluir que a velocidade do ar em uma edificação é mais favorável à ventilação nos níveis acima do telhado, que pode servir de captador ou extrator de ar incrementando a ventilação no interior. Dispositivos estes que podem ser tais como torres captadoras de ar, aberturas tipo sheds entre diversas outras possibilidades.

Conforme a cidade cresce e se torna mais densa, modifica o microclima, bloqueando ou reduzindo a circulação das brisas entre os edifícios, contribuindo para a criação das chamadas ilhas de calor. Tais captadores de ar, apesar de não serem muito usuais, representam um

enorme potencial de soluções para ventilação natural nas cidades de clima quente e úmido, fazendo penetrar na edificação um ar com maior velocidade e com menor temperatura. O uso de pilotis ou edificação elevada do piso também se torna bastante favorável para regiões com o mesmo clima do Rio de Janeiro, pois permite maior permeabilidade dos ventos na malha urbana na altura dos pedestres, além de auxiliar na ventilação e perda de calor por convecção das edificações.

A tipologia das esquadrias também influencia na ventilação dos ambientes. O ideal é que sejam escolhidas aquelas que permitam maior fluxo de ar, como as venezianas móveis, que controlam a direção de entrada dos ventos, protegem contra radiação solar e chuvas e permitem a entrada de iluminação natural. As janelas de folhas deslizantes que se sobrepõem, apesar de bonitas, permitem um máximo de fluxo de ar em apenas 50% do vão total, as de guilhotina uma média de 45%, rebatíveis com eixo horizontal em 75%, enquanto as de abrir podem permitir circulação de ventos em até 100% do seu vão. (GRIFFIN; SIEM. 2004).

O emprego de vegetação deve ser planejado, pois pode contribuir de forma positiva ou negativa dependendo de como for o projeto. É verdade que quanto mais numerosas são as árvores e maior a superfície coberta por grama, mais fresco é o ar, porém se mal posicionadas em relação à construção, pode piorar as condições de conforto. Arbustos nas alturas das janelas podem bloquear a entrada de ventos, dependendo da distância entre a edificação e estes. Árvores com copas distantes do solo permitem fluxo de ar por baixo delas. As altas copas arredondadas podem ser empregadas para sombrear telhados com melhor orientação a norte, nordeste e noroeste; as ovaladas (altura maior que largura) com boa distância das fachadas são boas para quebrar a insolação que vem do leste e oeste; já as verticais funcionam como bloqueadoras de vento e poluição. A vegetação pode servir também para atenuar a temperatura do ar quando este passa por uma área sombreada antes de entrar no ambiente. (HERTZ, 2003).

3.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em 2010, as edificações foram responsáveis por 46,9% do total de consumo de energia elétrica no Brasil, sendo 23,8% do setor residencial, 15% do comercial e 8,1% de edifícios públicos. Apesar de nossa matriz de oferta de energia elétrica ser em 74% de fonte renovável (hidráulica), que em contrapartida representa alto custo de investimento do governo e grandes danos ao ecossistema das regiões de implementação, há previsão de crescimento de outras fontes, agora não renováveis, para suprir a demanda futura. Portanto é importante o

fortalecimento de ações para a conservação de energia de forma contínua. (Selo Casa Azul, 2010).

Dentro do uso residencial, a eletricidade ainda é a maior fonte de energia, seguida por lenha e gás de petróleo liquefeito. Dentro da utilização final dessa energia em residências, os principais itens de maior consumo são o chuveiro com 24%, a geladeira com 22%, o ar-condicionado com 20% e a iluminação com 14%. (Selo Casa Azul, 2010; Brasil, BEM, 2011).

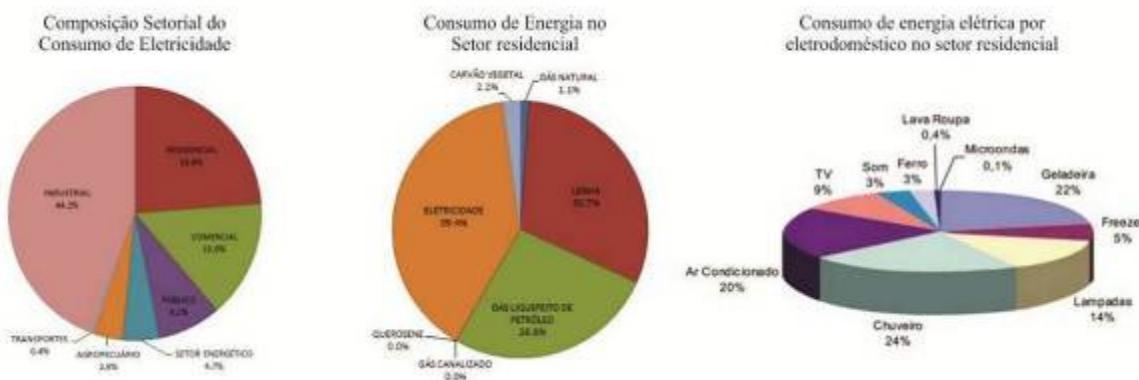


FIGURA 3.26 - Consumo de eletricidade no Brasil.
FONTE: Brasil, BEM (2011)

FIGURA 3.27 - Consumo por eletrodoméstico.
FONTE: Selo casa azul, 2010

Um projeto de edificação construído a partir de técnicas básicas de combate ao desperdício de energia pode ter um potencial de conservação elevado, de até 50%, e edificações já construídas, que passam por adaptações com o mesmo objetivo, podem ter uma economia de até 30%. O que evidencia a responsabilidade do profissional envolvido no momento do projeto, o arquiteto.

Para que as construções tenham mais eficiência energética os projetos devem ser idealizados visando à redução do consumo de energia, inclusive da energia gerada por outras fontes não renováveis como o gás de petróleo ou natural, à otimização do consumo restante e maior utilização de energia de fontes renováveis. Para isso, o projeto deve ser bioclimático (com iluminação e ventilação natural, uso de materiais com mínimo de desempenho térmico, controle de radiação solar e aproveitamento geral das condições climáticas locais), utilizar aparelhos e equipamentos energeticamente eficientes, dispositivos economizadores, incorporar energias renováveis e medição individualizada.

Com projetos mais eficientes em energia e atuando principalmente no que traz mais gastos dentro de uma edificação (iluminação, condicionamento ambiental e equipamentos), além de reduzir as despesas dos moradores, a ação contribuirá também para que nossas cidades se

tornem mais sustentáveis, poupando e otimizando recursos naturais e aumentando o conforto dos moradores.

3.3.1 Aquecimento solar de água

O objetivo da utilização de fontes alternativas de energia e de aquecimento de água é a redução do consumo de energia elétrica global. O que representa economia financeira nas despesas mensais para os ocupantes.

Além de reduzir os impactos ambientais e investimentos de geração, transmissão e distribuição causadas pelas fontes não renováveis, a energia solar é uma fonte limpa e ilimitada.

É possível obter uma economia significativa no gasto de energia em uma edificação, substituindo o aquecimento elétrico de água pelo aquecimento solar. Ainda mais que há um grande potencial de utilização dessa energia no país, devido aos níveis favoráveis de radiação solar incidente nos planos das edificações e condições climáticas adequadas. Apesar disso, esta estratégia não é muito utilizada no Brasil e precisa ser difundida.

O projeto deste sistema é desenvolvido pelo cálculo de demanda e consumo diário de água quente na unidade, para previsão de quantidade de coletores e volume do reservatório. O sistema deve ser dimensionado de forma a priorizar a utilização da energia solar, e não torná-la exclusiva, para que não fique superdimensionado, inclusive para épocas com pouca disponibilidade de irradiação solar, e continue sendo viável economicamente. Para isto há que prever um sistema auxiliar de aquecimento para os dias nublados, frios e à noite, que pode ser elétrico, por resistência ou à gás.

O aquecimento é feito por meio dos painéis coletores instalados na cobertura da edificação orientados de forma a maximizar o ganho de energia (voltados para o norte e inclinação levemente superior à latitude local). Este coletor faz a captação da energia solar e converte em energia térmica. A circulação da água no sistema pode ser do tipo passiva (quando ocorre por diferença de densidade, a termossifonagem) ou ativa (forçada, por bomba). A água é armazenada por termo-acumulação e deve haver uma opção de controle ou acionamento pelo usuário do sistema (Casa eficiente, 2010).

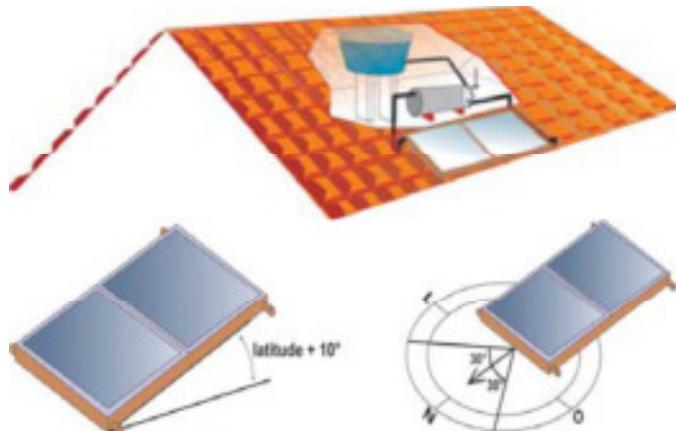


FIGURA 3.28 – Sistema de aquecimento solar de água e orientação das placas.
FONTE: Selo casa azul, 2010.

3.3.2 Equipamentos eficientes e dispositivos economizadores

A especificação de equipamentos de iluminação e eletrodomésticos também é de grande importância para maior eficiência energética. Lâmpadas de baixo consumo e potência adequada podem economizar até 75% de energia que lâmpadas comuns, freezers e geladeiras de 30% a 40% e ar-condicionado podem gastar até 34% menos de energia.

Incentiva-se o uso de equipamentos com certificado de eficiência energética, assim como os de melhores classificações dentro do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) do Inmetro, que varia de A para mais eficiente e E para menos, e/ou com selo Procel. (Selo casa azul, 2010).

Para melhor eficiência do projeto no que diz respeito à iluminação, deve-se racionalizar o uso da iluminação artificial, priorizando primeiramente o uso da iluminação natural no período diurno.

O projeto deve ser dimensionado adequadamente, visando à iluminação dos espaços com circuitos independentes, e permitir que o usuário acione uma parte específica do ambiente onde será desenvolvida uma atividade, considerando seu layout, sem necessariamente fornecer iluminação uniforme em todo o ambiente, obtendo conforto visual e economia de energia.

Em ambientes amplos, para maior aproveitamento da iluminação natural, pode-se criar circuitos independentes entre as áreas de maior proximidade com as janelas e as mais afastadas, onde há menor facilidade de penetração da luz solar.

As lâmpadas fluorescentes são mais adequadas, principalmente, para uso em ambientes de longa permanência, não são indicadas para ambientes de permanência temporária (circulação, garagem) de acionamento intermitente ou com sensores de presença, por reduzir sua vida útil. Quando necessário, estas lâmpadas devem receber reatores eletrônicos e é preciso descartá-las de forma adequada, por serem potenciais poluidoras do meio.

Lâmpadas do tipo LED também são recomendadas, por consumirem muito menos energia que as convencionais, inclusive para ambientes de permanência temporária e em áreas comuns de condomínios com dispositivos economizadores (sensores de presença). Não é recomendado o uso de lâmpadas incandescentes, a não ser em ambientes quase não utilizados.

De uma forma geral, lâmpadas geram calor para o ambiente aumentando a necessidade de seu resfriamento. Este calor liberado varia de acordo com o tipo da lâmpada e a densidade de iluminação do ambiente, que deve ser ajustada de acordo com a atividade a ser desenvolvida.

O uso de cores claras nas paredes e forros aumenta a reflexão de luz incidente nestas superfícies otimizando a propagação da luz pelo interior dos ambientes. A utilização de dimmers também ajuda a regular o nível de iluminação artificial a ser emitida, podendo diminuir ou aumentar se houver pouca ou baixa iluminação natural.

Quando possível, priorizar o uso de ventiladores à ar-condicionado, que aumentam a velocidade do ar e diminuem a sensação térmica, ou utilizá-los em conjunto aumentando a temperatura do termostato e reduzindo o consumo de energia.

3.4 MANEJO DA ÁGUA

A água é de fundamental importância para a vida no nosso planeta e, apesar de ser considerado o planeta água (que constitui 70% da Terra), somente 3% do total é de água doce e em uma porcentagem menor são as águas realmente disponíveis para o nosso consumo, pois parte dessa água doce é subterrânea e outras não se têm acesso direto.

Nos dias atuais este recurso está ficando cada vez mais escasso e de difícil acesso. De forma que é necessário buscar cada vez mais longe, com elevação de custos, e, ainda assim, não se tem garantia de boa qualidade da água para o consumo humano. Apesar de se saber de tudo isso, segue-se desperdiçando e poluindo rios e lagos, comprometendo a utilização dessa fonte de vida para as gerações futuras.

Os recursos hídricos, em toda a evolução da história, sempre tiveram considerável importância também para o desenvolvimento de atividades econômicas, incluindo atividades da construção civil, que hoje é responsável por porcentagem significativa de consumo de água no país.

Este capítulo tem por objetivo desenvolver o assunto sobre o manejo da água na construção civil e expor métodos e técnicas existentes de otimização do uso deste recurso. Visando a utilização racional da água para a diminuição do impacto desse setor no meio ambiente, contribuindo para a preservação deste bem e para sustentabilidade.

O uso da água numa edificação residencial tem por principal finalidade o consumo humano. Entre as atividades mais usuais estão as de higiene e limpeza no interior e de irrigação, piscinas e lavagem de veículos no exterior. Este consumo em uma unidade unifamiliar se distribui entre banheiros, cozinha, áreas de serviço, jardins, piscinas, entre outros, segundo o gráfico da figura 3.29. Observa-se que o consumo se concentra principalmente em bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa, lavatórios, pias e chuveiros. (Rocha et al, 1999).

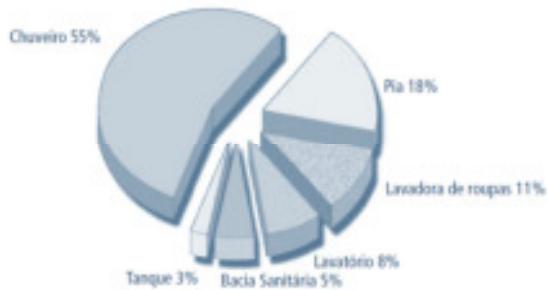


FIGURA 3.29 - Distribuição do consumo de água em uma unidade residencial

FONTE: ROCHA et al, 1999.

No Brasil, o consumo diário de água por pessoa pode ser mais de 200 litros (SABESP), variando de acordo com aspectos econômicos, tipo da edificação e hábitos culturais. Nas edificações comerciais, geralmente, o uso da água é em ambientes sanitários, sistemas de resfriamento de ar-condicionado e irrigação. Nas públicas o uso da água é semelhante ao das edificações comerciais, porém com consumo total bem mais significativo nos ambientes sanitários.

Para um efetivo resultado de conservação da água, são necessárias: ações sociais, com campanhas educativas e de sensibilização do usuário; tecnológicas, desenvolvimento de sistemas e componentes economizadores, sistema de medição setorizada ou individual e

detecção de vazamentos; ações financeiras, com redução de tarifas e subsídios para aquisição de sistemas e componentes que auxiliam na conservação geral.

A gestão dos recursos hídricos, em um programa de conservação de água em edificações, promove o uso racional da água e caracteriza-se por qualquer ação que otimize o consumo e uso de água, reduza perdas e desperdícios (demanda), reduza o volume de efluentes, use fontes alternativas, aumente a reciclagem e reuso da água (oferta).

Estas ações devem reduzir o consumo de água de forma a resguardar a saúde dos usuários e o perfeito desempenho dos sistemas envolvidos. Quando bem implementado, o uso de fontes alternativas à água potável pode reduzir de forma considerável o consumo total.

Em consequência à redução do consumo, o que pode representar um motivador na promoção dessas ações, está o fato de haver uma economia financeira. Há ainda outros benefícios: redução dos gastos pelo usuário no consumo de água e efluentes gerados; economia de outros insumos como energia e produtos químicos relacionados ao tratamento da água e dos efluentes; redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação; aumento da disponibilidade de água (proporcionando, no caso das indústrias, por exemplo, aumento de produção sem incremento de custos de captação e tratamento); agregação de valor ao "produto", sendo este um equipamento eficiente ou a construção como um todo; melhoria da visão da organização na sociedade.

Além disso, as práticas sustentáveis de conservação de água possibilitam a redução de custos com materiais e energia que são empregados nas instalações de tratamento água e de sua distribuição, com os tratamentos de esgoto ao diminuir os lançamentos de efluentes nas redes públicas e, consequentemente, minimiza os danos ambientais causados por estas atividades (redução de níveis de aquíferos na captação, poluição dos rios pelo descarte de esgoto sem tratamento adequado e mesmo sendo o tratamento completo não elimina toda a poluição).

A água está presente em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção, uso e manutenção à demolição. Mais uma vez, quanto mais precoces forem as decisões, mais eficientes serão os resultados. Para inserir o uso racional da água em uma construção deve-se atuar implementando estratégias tanto para a redução da demanda quanto no incremento da oferta e diminuir o lançamento de efluentes.

3.4.1 Oferta de água

A gestão da água no que diz respeito à oferta, atua na identificação e escolha de fontes alternativas para o abastecimento de água para fins não potáveis, que podem ser: aproveitamento de água pluvial, de escoamento de piso e cobertura, de reuso e/ou subterrânea.

As possibilidades devem ser analisadas e consideradas de acordo com os níveis de qualidade da água necessários, tecnologias existentes, cuidados e riscos de aplicação de águas “menos nobres” e a gestão necessária desta água.

Um ponto importante a ser considerado é que a partir do momento que se trabalha com fontes alternativas, o gestor torna-se “produtor” da água, e, portanto, responsável pela gestão qualitativa e quantitativa dessa água. A falta desta pode acarretar riscos aos usuários por utilizarem águas com padrões de qualidade inadequados.

Do total de água consumida em uma edificação, cerca de 30%, dependendo da região, hábitos culturais e dispositivos, é utilizada em vasos sanitários, tanques, lavagem de piso e roupa, irrigação, ou seja, para usos que não necessitam obrigatoriamente de água potável. (Rocha et al, 1999).

As águas podem ser classificadas de acordo com a sua fonte: água potável, quando vem do sistema de abastecimento público, água de chuva para fins não potáveis, quando são captadas de coberturas limpas, água de reuso para irrigação, cinza proveniente de lavatórios, tanques, banho, máquina de lavar roupa, de escoamento de piso e telhado vegetado e águas negras vindas dos vasos sanitários e pias de cozinha.

As águas de chuva são consideradas de qualidade, podem ser coletadas de telhados limpos e, após passarem por um processo inicial de descarte de sólidos e de primeiros escoamentos, são armazenadas e utilizadas em bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa e limpeza de piso. Para manter a qualidade, o sistema de reuso não deve misturá-las com as águas cinzas.

A água de reuso, ou águas cinzas, quando provenientes de lavatórios, tanques, banho e máquina de lavar roupa devem passar por um tratamento biológico ou químico antes de serem armazenadas juntamente com as águas de escoamento de piso e telhado vegetado após também passarem por processo de descarte de sólidos e de primeiros escoamentos. Essa água pode ser utilizada para irrigar jardins e dependendo do nível de tratamento, em bacias sanitárias.

Estas águas podem passar por tratamento biológico chamado zona de raízes (operação de sedimentação e processos biológicos que reduzem a carga de material orgânico com utilização de vegetação de áreas alagadas, resistentes aos componentes das águas a serem tratadas e com adaptação local), processo natural que não provoca odores, não faz a utilização de energia, produtos químicos ou equipamentos mecânicos.

Já as águas negras, também podem ser reutilizadas, mas precisam de uma estação de tratamento de esgoto para isto e podem ser utilizadas para irrigação de jardim. Outra alternativa para esta água é fazer o tratamento de forma natural e inserida, posteriormente, em águas superficiais ou subterrâneas, dentro da própria unidade residencial. Com isso, há uma redução de solicitação da rede pública, gastos relacionados ao tratamento em estações, redução do risco de inundações e minimização de danos ambientais.

A escolha pelos sistemas que serão instalados, de acordo com o tipo de água que se deseja reaproveitar e para que fim, deve ser feita de forma a ter um melhor desempenho ambiental da edificação, eficiência de implantação, manter a salubridade dos usuários e ter viabilidade econômica.

Recomenda-se a separação total e distinção por cores das redes hidráulicas das diferentes fontes de água utilizadas (em nenhuma hipótese deve haver conexão cruzada entre elas) e que torneiras que são abastecidas por água de aproveitamento sejam do tipo restrita e com sinalização para evitar contaminação ou uso inadequado por parte dos usuários (Selo Casa Azul, 2010).

O uso de águas subterrâneas também é considerado como uma fonte alternativa. Para a sua utilização, seguem-se as mesmas recomendações dos sistemas de distribuição e usos das águas pluviais.

Há uma necessidade de utilização correta dessa água, a exploração inadequada pode resultar em alterações desastrosas de sua qualidade e quantidade. É importante ressaltar o impacto que pode ser provocado ao meio ambiente e o grau de responsabilidade social. Existe legislação que regulamenta a exploração e utilização dessas águas. Não se pode comprometer a estabilidade do terreno ou de estrutura de edificações da área e se deve ter controle para evitar contaminações do solo e lençol freático.

3.4.2 Demanda por água

As ferramentas de implementação que diz respeito à demanda têm o objetivo de otimizar o consumo por meio do gerenciamento deste, do traçado otimizado da infraestrutura hidráulica, do controle de pressão e vazão e especificação de equipamentos economizadores.

A ferramenta do gerenciamento do consumo de água é a instalação de sistemas de medição individualizada como um recurso da setorização do consumo. Uma metodologia importante na redução do desperdício, pois cada unidade residencial conhece o próprio consumo e paga proporcionalmente a este, induzindo a mudanças de hábitos. A maneira tradicional de medição divide igualmente o consumo total do edifício entre todos os condôminos, assim, mesmo que um economize água, isso não refletirá na sua fatura, desmotivando-o a práticas de economia de água, já que paga pelo desperdício dos outros. Mais, a individualização possibilita a identificação rápida de vazamentos.

Otimizar o traçado de tubulações significa concentrar estas em paredes hidráulicas e reduzir juntas e conexões. A parede hidráulica otimiza a quantidade de material utilizado, além de limitar a busca por vazamentos. Associado a isso, pode-se utilizar dutos acessíveis ou forros falsos para a passagem das tubulações, separadamente dos sistemas de vedação, que facilita o acesso e agiliza a manutenção. A redução da quantidade de juntas e conexões auxilia na minimização de perdas físicas, tornando o sistema menos vulnerável. Para isto, pode-se utilizar, entre outras técnicas, tubulações flexíveis, que interligam cada ponto de consumo a um coletor central de distribuição.

A pressão elevada implica em diversos problemas de perdas e desperdícios, uma vez que, contribui para aparecimento de rupturas, que redundam em grandes volumes de perda, golpe de aríete ou fornecimento de água superior a necessária no ponto de consumo. Deve haver controle de pressão e vazão para a solução desse problema por meio de especificação de equipamentos adequados para cada caso como: restritores de vazão, placas de orifício ou válvulas redutoras de pressão. (Sautchuk et al, 2005).

Os equipamentos e dispositivos economizadores devem ser especificados, instalados e utilizados de acordo com a indicação dada pelo fabricante para que se tenha garantia de desempenho desses equipamentos com os índices de economia esperados.

Existe atualmente no mercado brasileiro uma grande variedade de equipamentos hidráulicos que atende às necessidades dos usuários e promove o uso racional da água para as atividades a que se destinam.

As bacias sanitárias convencionais podem consumir até 20 litros por acionamento. As bacias com caixa acoplada costumam ter um rendimento um pouco melhor. As que consomem em torno de 6 litros por ciclo podem gerar uma economia de até 50% (Sautchuk et al, 2005). Pode-se optar também pela bacia “Dual Flush” com opção de acionamento de 3 litros para líquidos e 6 litros para sólidos, trazendo uma economia superior a 60% de água, se comparada com as convencionais.

Para lavatórios, pias de cozinha e chuveiros podem ser instalados dispositivos economizadores do tipo arejador, melhora a dispersão da água de forma mais uniforme e reduz a vazão no ponto de consumo, ou registro regulador de vazão, que mantém a vazão constante.

3.4.3 Águas pluviais e permeabilidade do solo

As superfícies urbanas estão cada vez mais impermeáveis, acelerando o escoamento de águas pluviais e diminuindo a forma natural de evaporação. Consequentemente, para tentar evitar inundações, as cidades costumam optar por aumentar a canalização destas redes. Porém é bastante evidente, pelo histórico de inundações que temos presenciado no mundo, que não é solução aumentar a rede de infraestrutura sempre que a demanda aumentar.

O ideal para a sustentabilidade seria uma edificação com a possibilidade de fazer sua própria drenagem com reaproveitamento de águas pluviais e de chuva e tratamento natural de águas residuais. Reduzindo ou eliminando a forma habitual das construções urbanas de canalizar e lançar essas águas nos sistemas públicos, o que cria a necessidade de grandes infraestruturas com elevados custos de manutenção e tratamento, conforme as existentes.

A cobertura permeável do solo, o escoamento de águas pluviais de forma controlada e a possibilidade de intensificar sua infiltração ajudam a manter o ciclo natural da água, com recarga dos lençóis freáticos e redução da necessidade de uso da rede de drenagem urbana pública, o que reduz o risco de inundações.

Para controlar o escoamento de águas pluviais na rede pública, pode-se construir um reservatório de retenção dessa água no lote e, assim, diminuir na fonte a vazão lançada no

sistema de drenagem. Em algumas localidades do nosso país esta forma de controle é obrigatória em construções novas.

Caso seja considerado apropriado, dependendo das características e permeabilidade do solo e nível do lençol freático do local, para intensificar a infiltração das águas pluviais no solo, pode-se instalar um poço de infiltração de águas pluviais. Este sistema deve garantir que o solo e o lençol freático não serão contaminados e pode ser utilizado como complemento otimizador do sistema de caixa de retenção ou de caixa de reuso, pois infiltra a água extravasada de ambos os sistemas.

Outro fator que auxilia a drenagem das águas pluviais é o coeficiente de permeabilidade do terreno. Manter boas porcentagens de áreas permeáveis no terreno auxilia na infiltração da água de chuva no solo. Podem ser aplicados nessas áreas pavimentações permeáveis como o bloco intertravado e o concregrama.

3.5 OUTROS TEMAS A CONSIDERAR

Há ainda que considerar outros aspectos importantes nas fases de projeto e construção, que não serão abordados com detalhes neste estudo, porém merecem ser mencionados devido à importância.

Ainda com relação ao projeto, deve ser considerada a especificação de materiais sustentáveis, que tenham baixas taxas de compostos orgânicos voláteis, que causam menores impactos dentro de seu ciclo de vida, possuam conteúdo reciclável e que, preferencialmente, sejam produtos locais, para não haver a necessidade de percorrer longas distâncias pelas rodovias com caminhões movidos a diesel.

Conforme já dito anteriormente, grande parte dos materiais utilizados para a construção civil emitem altas taxas de GEEs para sua produção e distribuição, com constantes contaminações de água, solo e ar para tal. Portanto há que analisar o ciclo de vida de cada material, ferramenta esta de avaliação do impacto real dos materiais sobre a natureza, e selecionar fornecedores com maiores responsabilidades sociais e ambientais.

Para diminuir a necessidade de manutenção e consequente reposição de materiais ao longo da vida de um edifício, é preciso utilizar materiais mais duráveis de acordo com as condições de uso que este vai ser exposto.

No momento da construção há um grande desperdício de materiais e geração de resíduos. Para combater isto, é importante que, primeiramente, os funcionários sejam treinados adequadamente para realizar suas atividades consumindo o mínimo de material possível, e em seguida, caso não tenha a possibilidade deste ser reutilizado em outros procedimentos em canteiro, que seja descartado de forma a ser reaproveitado em outro processo externo.

O canteiro também deve ser sustentável e reduzir os impactos de poluição na cidade: utilizar materiais temporários, como fôrmas, reutilizáveis; aplicar técnicas construtivas que geram menos desperdícios; utilizar resíduos de construção para estabilização de vias internas e preenchimento de base para pavimentação; empregar madeira com origem comprovada, de reflorestamento ou certificada; controlar vazamentos de óleo e expansão de sedimentos para as vias que acabam assoreando a rede pluvial e corpos d'água.

4 O PROJETO

O cliente é um pequeno investidor que se preocupa com as questões ambientais. Ele está interessado em não somente obter lucro com a venda das unidades, mas estimular a conscientização sobre a construção sustentável.

Por meio da análise apresentada nos itens anteriores deste trabalho serão identificadas as soluções que serão empregadas de acordo com os limites orçamentais e objetivos gerais. Procurando manter o equilíbrio entre os interesses socioeconômicos e ambientais desde a sua concepção.

O projeto se trata de um pequeno conjunto residencial de três unidades de dois quartos, para três famílias de quatro pessoas, e de até nove metros de altura, conforme exigido por lei e padrão do entorno, direcionados a um consumidor final de classe média baixa e/ou alta. Definido pelo programa de necessidades apresentado abaixo:

- **1 Sala de estar/ Jantar**
- **1 Cozinha**
- **1 Lavabo**
- **1 Suíte**
- **1 Quarto**
- **1 Escritório/ Quarto reversível**
- **1 Banheiro Social**
- **1 Área de serviço**

4.1 LOCALIZAÇÃO DO TERRENO

O terreno está localizado em Itaguaí, cidade da baixada fluminense, região metropolitana do Rio de Janeiro, a 69 km da capital do estado, à latitude 22° 51' 07" S e 43° 46' 30" O e altitude de 13 metros do nível do mar. Está situado na área central da cidade e mede 10 metros de frente por 30 metros de profundidade, sua frente está direcionada para o norte e o terreno se desenvolve longitudinalmente no eixo norte/sul, conforme se observa na figura 4.2.

Com pouco mais de 100 mil habitantes e densidade demográfica aproximada de 0,41 hab./km², bastante baixa se comparada com a capital que possui mais de 5.300 hab./km², a cidade é composta em sua maioria por edifícios de gabarito baixo, e 95% da população vive na área urbana.

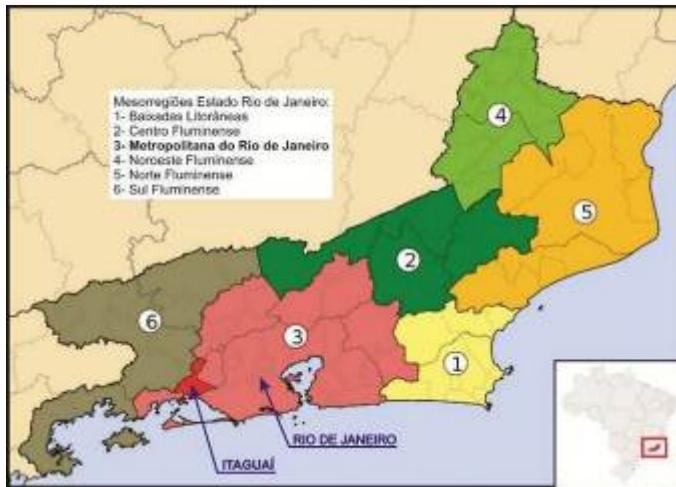


FIGURA 4.1 - Mesorregiões do Estado do Janeiro.

FONTE: WIKIPEDIA. Consulta geral. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>. Acesso em: 04 jan. 2012.

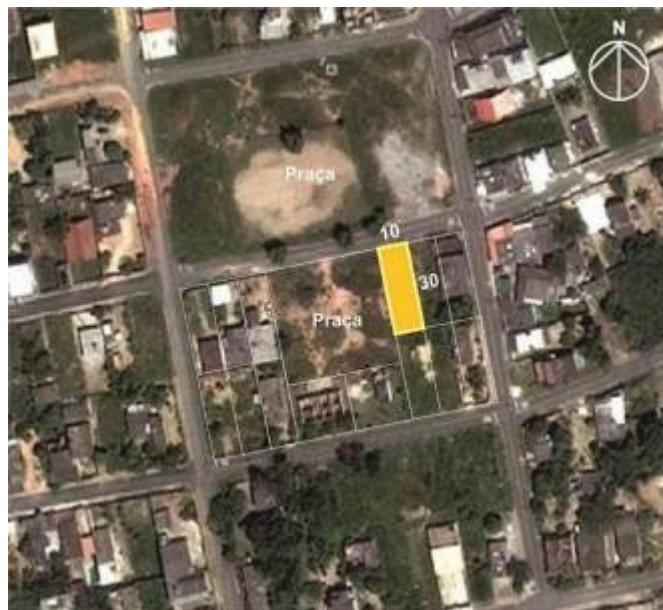


FIGURA 4.2 - Localização do Terreno.

FONTE: Software Google Earth. versão 4.3 em 16/06/2009 (Ano da imagem: 2004).

A cidade de Itaguaí está localizada em uma área estratégica próxima da cidade do Rio de Janeiro, cortada pela importante rodovia Rio-Santos que liga a região Sul Fluminense à capital e conta com boas condições para as atividades de exportação, produção industrial de alimentos, produtos eletrônicos, cimento, o que propiciou a instalação de grandes indústrias.

A recente expansão do Porto de Itaguaí trouxe ainda mais investimentos para a cidade de empresas como CSA, CSN, Vale, LLX, Gerdau, Petrobrás. Hoje, é um município em grande ascensão econômica, o que também tem contribuído para o crescimento da população.

A cidade possui um grande passivo ambiental proveniente da extinta fábrica de zinco Ingá Mercantil. Após 13 anos de abandono com grande volume de água contaminada por metais pesados, o terreno foi adquirido pela Usiminas que está realizando a descontaminação do local e receberá as instalações portuárias da siderúrgica.

Nesse cenário de crescimento acelerado, é importante que a cidade incorpore sustentabilidade concomitantemente ao desenvolvimento urbano, contribuindo para a qualidade de vida da população e minimização dos impactos ambientais.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O Rio de Janeiro, macrorregião onde está localizado o projeto em estudo, possui clima tropical quente-úmido que se caracteriza por ter verões chuvosos com dias quentes e úmidos e invernos com temperaturas mais amenas e menor precipitação. A temperatura média do ar em todos os meses do ano é superior a 18°C. Estes fatos associados à pouca variação de temperatura entre o período noturno e diurno causam grandes desconfortos térmicos.

Os ventos predominantes para esta localidade são os que vêm do sudeste, com maior frequência de ocorrência, conforme detalhado no item sobre ventilação natural deste estudo. Percebe-se um grande potencial de aproveitamento da ventilação natural para este projeto, pois, além das condições do clima serem propícias, o entorno não possui importantes obstáculos à circulação dos ventos e o gabarito das edificações exigido por lei não pode ultrapassar três pavimentos. Adicionalmente, a área ainda não está completamente urbanizada, com grande quantidade de espaços vazios ao redor do terreno, que deverá ser edificado futuramente, e há espaços abertos formados pelas praças (figura 4.3), redundando em grande permeabilidade do ar.

Pelas mesmas razões, relacionadas à pouca ocupação dos terrenos vizinhos, não há problemas quanto a penetração da luz solar, não existindo elementos que provoquem grandes sombreamentos no terreno. Mesmo sendo uma condição temporária, à medida que o entorno for edificado não deve haver mudanças representativas, já que não está previsto para a área nenhum equipamento de grande porte, mantendo sua característica residencial com comércio e serviço de bairro, mas sempre com pouca altura (conforme o plano diretor). A topografia do terreno pode ser considerada plana, conforme nota-se na figura 4.4.



FIGURA 4.3 - Praça em frente ao Terreno.

FONTE: O autor.



FIGURA 4.4 - Foto do Terreno.

FONTE: O autor.

O uso do solo da cidade se divide em quatro macrozonas: zona de proteção ambiental (região serrana da cidade), zona residencial rural, zona urbana e zona portuária. Na zona urbana estão distribuídos os diferentes tipos de usos residenciais, de negócios, algumas indústrias, comércio e serviços. Porém é na zona portuária que acontecem as principais atividades industriais.

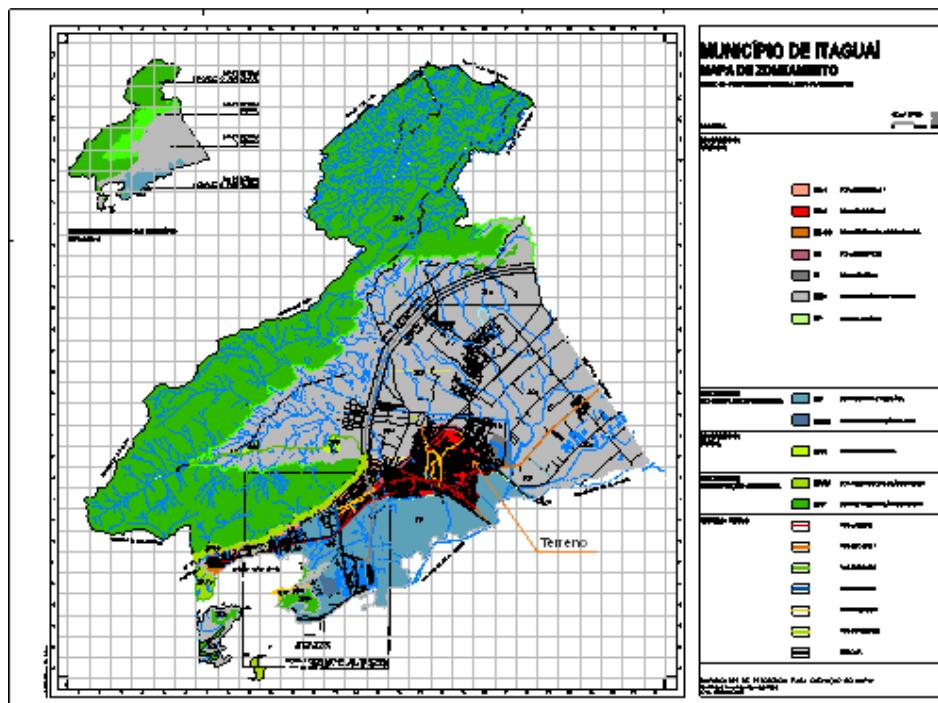


FIGURA 4.5 – Mapa de zoneamento de Itaguaí.

FONTE: Lei N° 2.608, Plano Diretor de Itaguaí, 2007.

O terreno em estudo está localizado na zona residencial 2 (ZR-2), área mais adensada da cidade correspondente ao centro tradicional, com usos mais diversificados. Ali é permitido o uso para habitação unifamiliar, habitação coletiva, habitação de uso institucional,

equipamentos comunitários, comércio e serviços vicinais e comércio e serviços de bairro. O coeficiente de aproveitamento é de 1,5 ($CA = 300 \times 1,5 = 450 \text{ m}^2$), taxa de ocupação máxima é de 50% ($TO = 0,5 \times 300 = 150 \text{ m}^2$), são 3 pavimentos de altura máxima, 25% de permeabilidade mínima ($0,25 \times 300 = 75 \text{ m}^2$), recuo mínimo frontal de 3,00m e lateral de 1,50m, quando houver aberturas. (Lei N° 2.608, Plano Diretor de Itaguaí, 2007).

4.3 ESTUDO PRELIMINAR

A forma nasce a partir de um complexo processo que leva em consideração, além da técnica, funcionalidade e estética, a orientação dos ventos predominantes, a insolação, iluminação natural, entre outros fatores já citados ao longo deste estudo. Uma boa forma e zoneamento dos espaços internos traz melhores resultados de conforto e eficiência energética. As decisões tomadas neste estudo, desde a forma e zoneamento, foram em função dos conceitos bioclimáticos e estratégias de sustentabilidade a serem implementadas.

Primeiramente foi definida a ocupação do terreno. A forma que traz mais eficiência bioclimática para uma edificação no Rio de Janeiro é a que permite menor ganho de calor e permite o arrefecimento pela ventilação natural. Neste caso, a opção para o projeto em estudo será adotar uma planta alongada e fachadas menores voltadas para leste e oeste, apesar do terreno situar-se longitudinalmente no eixo norte-sul e não favorecer esta disposição.

As fachadas mais extensas, norte e sul, receberão as aberturas que permitirão a ventilação cruzada dos ventos predominantes no sentido transversal à edificação, que incidirá a 56° em relação às aberturas, considerado ângulo de entrada de ventilação favorável, já que é maior que 45° e menor que 90° .

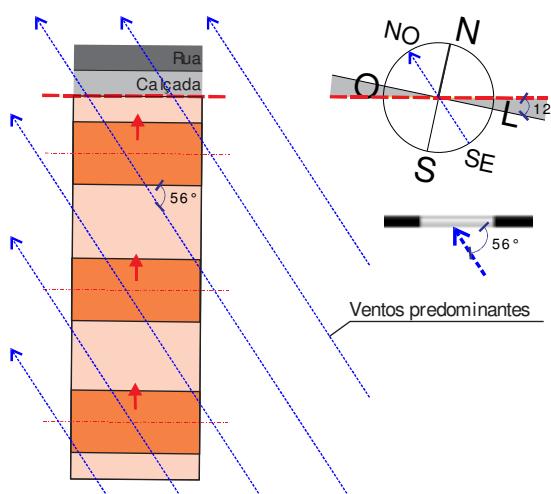


FIGURA 4.6 – Esquema de disposição das unidades no terreno.

FONTE: O autor.

O volume foi definido de modo a permitir o maior fluxo de ar possível entre as unidades e o entorno. Por esta razão o térreo do conjunto foi deixado livre, elevado a 2,50 metros do piso, e utilizado como garagem. Esta estratégia permite que a envolvente perca maior carga térmica por convecção pelo movimento do ar em sua parte inferior.

Com a mesma finalidade, foi criado um jogo de volumes, definidos por recuos laterais intercalados. Logo, é possível que o ar circule através de todas as unidades para que uma não represente bloqueio de ar para as demais. A figura 4.7 mostra a permeabilidade do ar no conjunto devido à volumetria proposta.

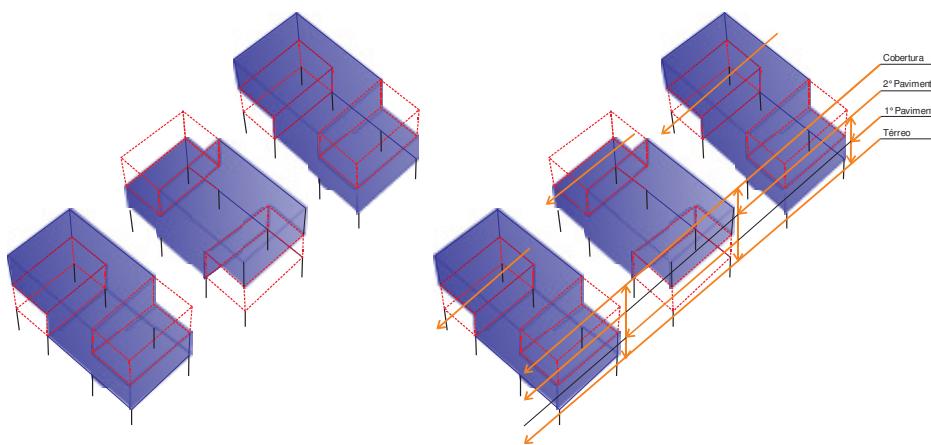


FIGURA 4.7 – Estudo de volumetria.

FONTE: O autor.

Em seguida, foi elaborado o fluxograma e setorização das unidades (figura 4.8). É possível observar que o acesso às unidades será pela parte social da casa, a sala, e a partir daí será possível o ingresso em outros ambientes. No primeiro pavimento foram distribuídos os ambientes sociais e de serviços (sala, cozinha, lavabo e área de serviço) e o segundo pavimento a parte íntima da casa (quartos e banheiros). O zoneamento da casa foi pensado priorizando a disposição dos ambientes de permanência prolongada de forma a receber a menor incidência de radiação solar possível.

No primeiro pavimento, o setor de serviços, considerado de baixa permanência, foi localizado à oeste e atua como barreira de radiação solar no período da tarde, protegendo a parte social desta exposição. Além disso, a parede da sala voltada à leste não possui exposição direta, porque há um recuo lateral de 2,00 metros e um anteparo que servem de proteção para este ambiente no período da manhã.

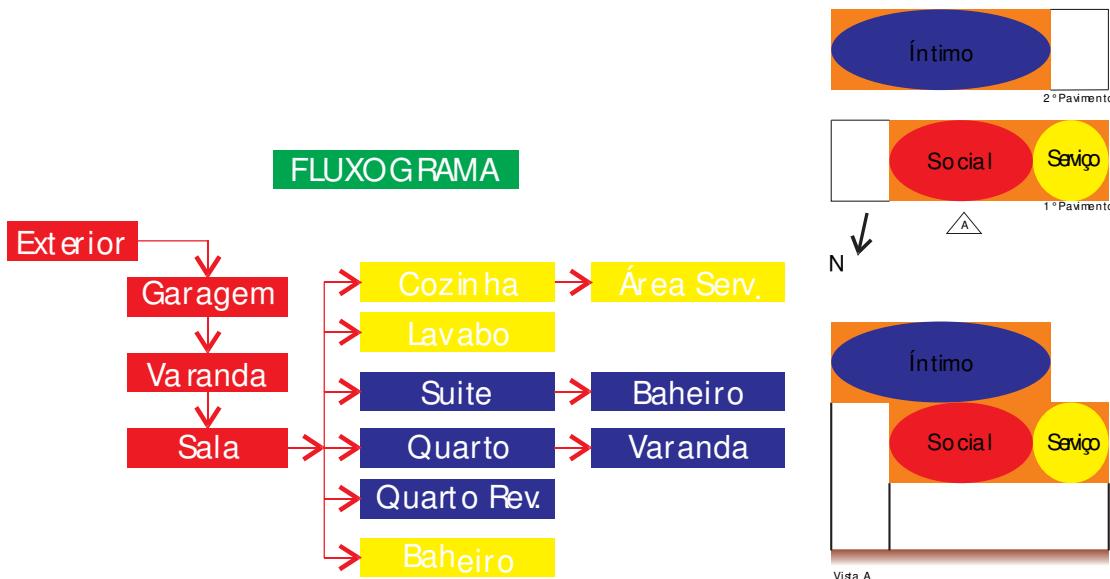


FIGURA 4.8 – Fluxograma e setorização das unidades.

FONTE: O autor.

Além de evitarmos ganhos térmicos pelo fato de não haver aberturas para as orientações leste e oeste, todas as janelas da casa (voltadas para norte e sul) serão sombreadas e haverá uma varanda voltada para a fachada norte, que dará acesso à unidade pela sala. Esta varanda serve de proteção da envolvente e minimiza a radiação solar intensa vinda do norte que incide na sala.

Para o segundo pavimento também foi planejada uma varanda e anteparo à oeste, definindo um recuo lateral de 1,60 metro, assim o quarto voltado para esta orientação fica protegido da radiação direta no período da tarde. A parte da área íntima voltada para a orientação leste receberá um tratamento diferenciado com uma parede dupla e isolamento térmico para proteção desta fachada no período da manhã.

A partir das definições de forma, volumetria, fluxograma, setorização e estratégias ambientais foram elaboradas as primeiras plantas e perspectivas de projeto preliminar apresentadas a seguir e com mais detalhes no Anexo A.



FIGURA 4.9 – Projeto preliminar.

FONTE: O autor.

4.4 ESTRATÉGIAS

Este item apresenta o detalhamento das estratégias ambientais adotadas no projeto em estudo.

As estratégias de projeto relacionadas à bioclimatologia foram selecionadas a partir de: estudos de insolação, para definição de protetores solares; uso de aberturas quanto a posição, tipo e formato, para estimular a circulação do ar dentro da edificação; especificação de materiais da envolvente para evitar o ganho de calor para os ambientes.

Para cada ambiente foi feita uma análise de insolação e foram definidos os horários do dia ao longo do ano que as aberturas devem ser protegidas e seus respectivos tipos de proteção, reduzindo a incidência solar direta nestas. A figura abaixo mostra esta análise feita para a sala (para todas as aberturas ver apêndice A).

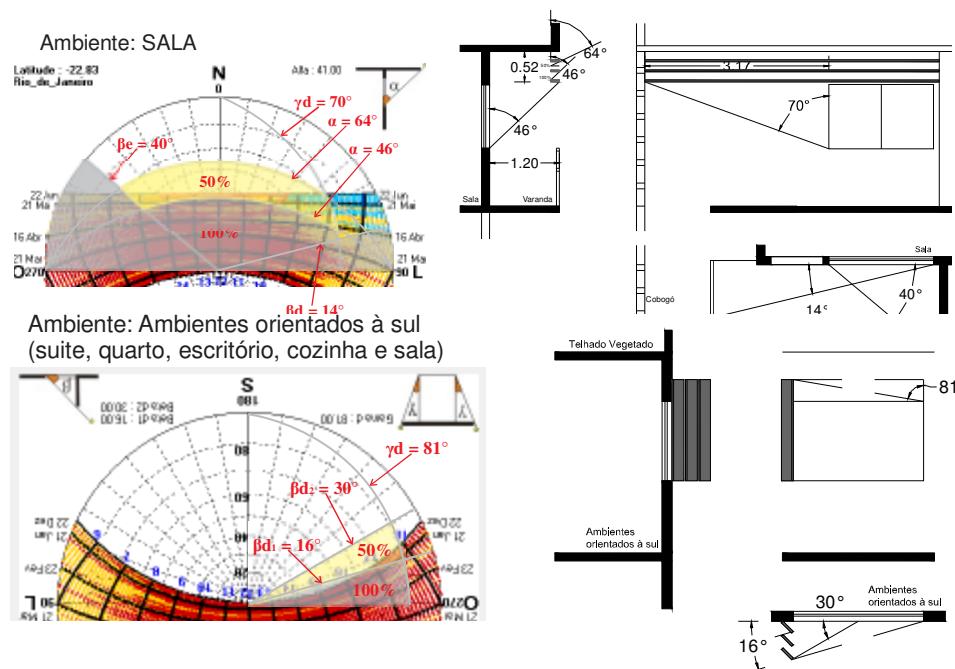


FIGURA 4.10 – Estudo de insolação das duas aberturas da sala voltadas à norte e à sul.

FONTE: O autor; Software Sol-Ar 6.2.

Segundo máscara de insolação para a sala, que recebeu brises horizontais, a abertura voltada para o norte será protegida por completo em todos os horários entre os meses de agosto à abril e será parcialmente protegida a partir das 8 horas nos meses de maio à julho. Portanto, os únicos momentos que a abertura recebe radiação solar direta sem qualquer proteção é do nascer do sol até às 8 horas da manhã, nos meses de maio, junho e julho, quando o sol ainda não está muito forte. Já a abertura voltada para sul recebeu brises verticais e será protegida

por completo nos horários entre meio-dia e 17 horas, sol vindo do oeste, por todos os meses do ano.

No que se refere à envolvente, foi especificado vidros de baixo fator solar e cobertura ($U = 0,82$) com parâmetro bastante inferior ao estabelecido nas NBR 15220 e 15575 ($U = 2,30$), pelo fato de ser um telhado verde. Incentiva-se que os futuros ocupantes implementem uma horta em cada telhado para consumo próprio e com a possibilidade de atender a vizinhança em um pequeno raio.

O solo do térreo foi coberto com concregrama, em sua maior parcela, piso permeável do tipo intertravado para o estacionamento e jardins. Com isso é possível reduzir a reflexão de calor produzida por pavimentações para a edificação pelo entorno imediato, entre outros benefícios.

Para a otimização da ventilação natural, além da volumetria, térreo livre e disposição das unidades que permitem maior fluxo de ar, os ambientes, em sua maioria, receberão duas janelas em faces opostas, permitindo a ventilação cruzada, com as de entrada orientadas para os ventos predominantes, as de saída maiores, para incrementar a velocidade do vento no interior e posicionadas na altura do corpo para resfriamento fisiológico dos usuários.

Com o mesmo objetivo, foi projetada uma abertura na cobertura, que funciona como sugador de ar do interior para o exterior, favorecendo saída de ar quente e maior fluxo de ar. A tipologia da janela, deslizante dobrável, foi escolhida de forma a obter maior aproveitamento do vão para ventilação, que pode chegar a 100%, e todos os ambientes terão área de ventilação com pelo menos 20% em relação à área do piso, conforme tabela 4.1.

TABELA 4.1 – PORCENTAGENS DAS ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

Ambiente	Área de piso (m ²)	Aberturas p/ ventilação (m ²)	Percentual área do piso (%)
Área de Serv.	3.30	0.85	26
Lavabo	0.77	0.07	10
Sanitário	1.13	0.49	43
Banho Suíte	1.90	0.50	26
Banho	1.90	0.57	30
Circ.	3.11	0.74	24
Telhado	-	1.34	-
Sala	15.87	3.96	25
Suíte	10.42	2.64	25
Cozinha	6.59	1.32	20
Quarto Rev.	6.30	1.32	21
Quarto	9.35	1.87	20

FONTE: O autor.

No que diz respeito ao uso racional da água, no projeto em estudo, optou-se por realizar o reaproveitamento da água de chuva, coletada do telhado vegetado, e águas cinzas provenientes dos chuveiros, lavatórios, tanque e máquina de lavar. A água de chuva passa primeiramente por uma caixa separadora de sólidos, em seguida é encaminhada para um reservatório inferior e por fim para um reservatório superior de águas residuais, sendo posteriormente aproveitada para irrigação do jardim. Já as águas cinzas passa por um sistema de tratamento biológico antes de ser encaminhada para o reservatório inferior, onde se junta com a água de chuva coletada.

O projeto conta também com uma fossa séptica, que recebe as águas negras das unidades e as encaminha para um sistema de tratamento biológico e, em seguida, é infiltrada no solo em padrões adequados. Reduzindo a solicitação de rede pública de esgoto.

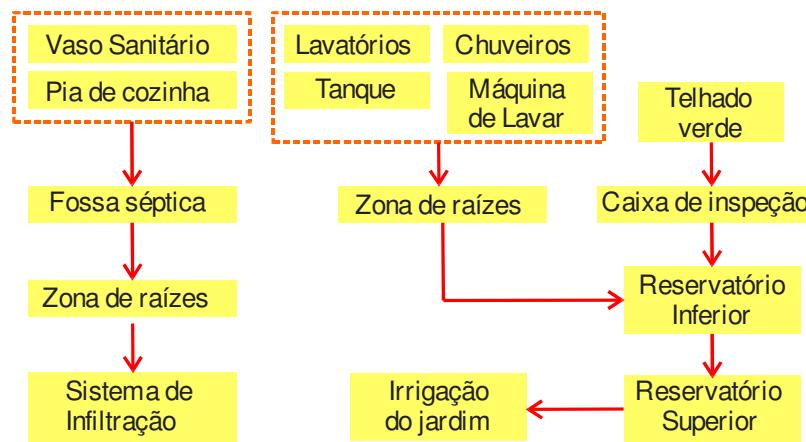


FIGURA 4.11 – Fluxograma do manejo da água do projeto.

FONTE: O autor.

O telhado verde também atua no manejo geral da água, pois favorece, juntamente com a pavimentação permeável do térreo, a infiltração natural da água no solo, diminuindo os riscos de inundações e reduzindo o escoamento de água na rede pública. Além disso, serão utilizados equipamentos economizadores de água, parede hidráulica e medição individualizada para a promoção do uso racional da água.

Quanto à eficiência energética, será utilizada energia solar para aquecimento de água, para redução do uso de energia elétrica, principalmente para o chuveiro. O projeto de iluminação conta com a racionalização da luz artificial, com iluminação por pontos de atividades, segundo o layout dos ambientes. Serão utilizados equipamentos eficientes e dispositivos economizadores sempre que possível.

4.5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A princípio foram utilizadas as normas como critério para a escolha dos materiais da envolvente da edificação em estudo. Em seguida, foram feitas simulações computacionais de conforto para verificar se o especificado produz o desempenho térmico desejado.

Para que possa ser visualizada com mais propriedade as diferenças encontradas a partir da especificação de materiais da envoltória, no que diz respeito ao conforto térmico, foram realizadas quatro simulações, através do software IES, para o mesmo projeto, variando somente as especificações de materiais e protetores solares. A seguir a tabela mostra os detalhes de cada simulação.

TABELA 4.2 – DETALHE DAS ESPECIFICAÇÕES DAS SIMULAÇÕES

Especificações	S1	S2	S3	S1 - Oeste
Paredes externas	Bloco de concreto; argamassa externa e interna; pintura verde clara. (U=2.90, α =0.4, F_s =4.64)	Bloco Cerâmico; argamassa externa e interna; pintura branca. (U=2.59, α =0.2, F_s =2.1)	Bloco Cerâmico+ isolamento; argamassa externa e interna; pintura branca. (U=1.06, α =0.2, F_s =2.8)	Mesmo que S1 porém com fachada principal voltada para oeste.
Cobertura	Laje maciça; telha cerâmica vermelha; (U=2.05, F_s =6.06)	Telhado vegetado (U=0.82, F_s =1.3)	Telhado vegetado (U=0.82, F_s =1.3)	
Vidros	Comum 6mm (F_s =0.86)	Reflexivo médio (F_s =0.34)	Reflexivo médio (F_s =0.34)	
Aberturas	$>=20\%$	$>=20\%$	$>=20\%$	
Ventilação	Cruzada	Cruzada + Torre de vento	Cruzada + Torre de vento	
Proteção solar	-	Brises mistos fixos abertura sombreada parcialmente	Brises mistos fixos abertura sombreada parcialmente	

FONTE: O autor.

Para as quatro simulações foram especificados materiais para as paredes e coberturas dentro dos parâmetros das normas. A primeira simulação apresenta resultados de como seria o conforto se fossem utilizados materiais mais habituais, como bloco de concreto, telhado cerâmico, vidro simples e nenhuma proteção para as aberturas. Para a segunda, foram especificados vidros mais eficientes, telhado verde, torre de vento e protetores solares em todas as aberturas. Já para a terceira, a única diferença a partir da segunda é o material das paredes que passaram a ter isolamento térmico.

Segundo os critérios da NBR15575 para um desempenho térmico superior, mantendo-se as janelas fechadas somente nos meses de julho, obteve-se para a sala 5, 4 e 8 dias de conforto respectivamente para a S1, S2 e S3. Quando as janelas são fechadas entre 10h e 17h em todos os dias do ano esse número de dias aumenta para 13, 16 e 33.

Para um desempenho mínimo, a norma estabelece que a temperatura do ar interior máxima diária deve ser inferior a exterior máxima diária, o que aumenta os valores acima para 292, 288 e 300 dias de conforto para S1, S2 e S3 com as janelas fechadas em julho e 259, 291 e 314 com as janelas fechadas das 10h às 17h, conforme observa-se na figura 4.12.

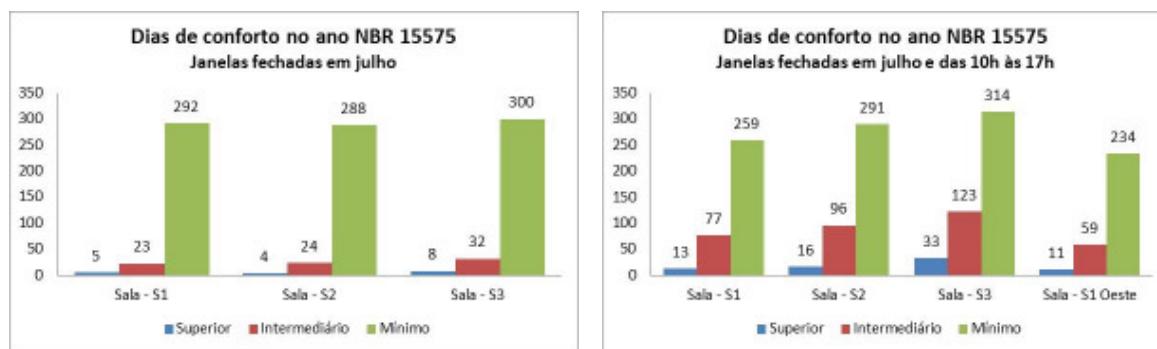


FIGURA 4.12 – Dias de conforto segundo critérios da NBR 15575.

FONTE: O autor.

Ainda segundo a norma, considerando 26°C como temperatura diária do ar limite para conforto, temos mais horas de conforto com as janelas fechadas durante o dia com aproximadamente 76% das horas do ano de conforto para S3 e 73% para S1, contra 74% e 72% para S3 e S1 com as janelas abertas durante o dia e fechadas somente em julho.

Significa dizer que, de uma maneira geral, considerando somente a temperatura do ar, a quantidade de dias e horas de conforto aumenta com o bloqueio da ventilação natural durante o dia. Pois com a ventilação natural as temperaturas do ar no interior se igualam com facilidade com as temperaturas do ar no exterior, portanto, fechando as janelas durante o dia, bloqueia-se também a entrada de ar quente nos horários de temperaturas mais elevadas. Percebe-se na figura 4.13 que as temperaturas máximas diárias do interior estão sempre próximas das máximas do exterior, quando as janelas estão abertas durante o dia, e na figura 4.14, janelas fechadas durante o dia, os valores de temperaturas máximas diárias estão mais baixas que a do exterior.

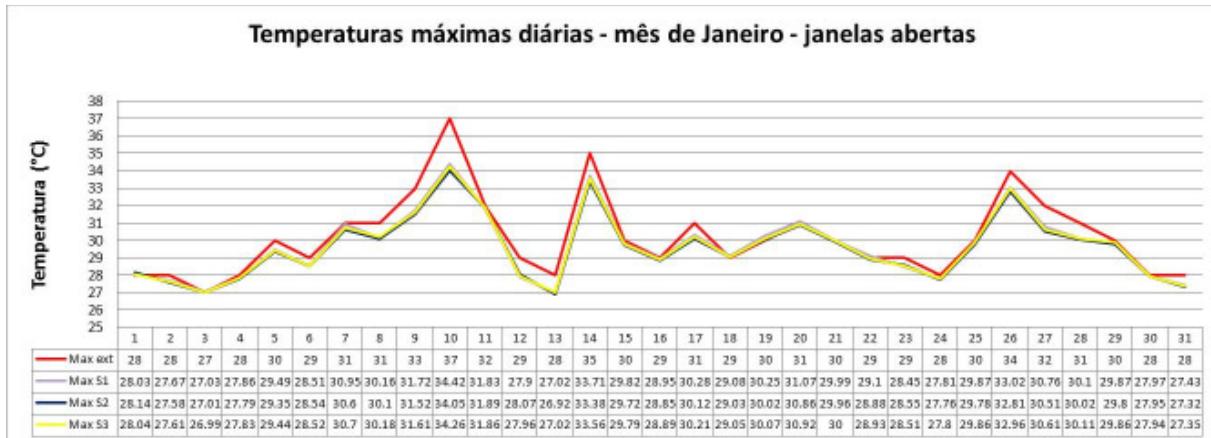


FIGURA 4.13 – Temperaturas máximas diárias no mês de janeiro com janelas abertas durante o dia.

FONTE: O autor.

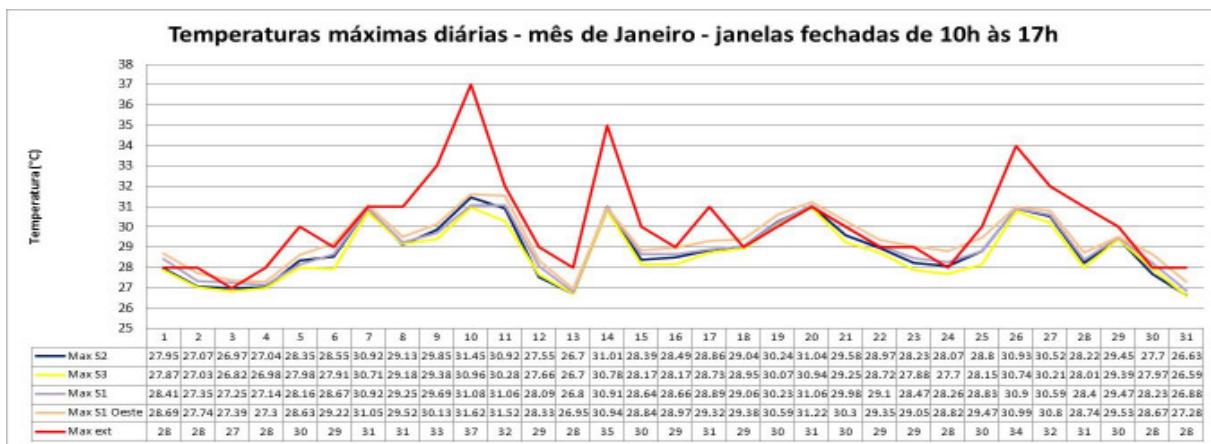


FIGURA 4.14 – Temperaturas máximas diárias no mês de janeiro com janelas fechadas durante o dia.

FONTE: O autor.

Observa-se também que há pequenas diferenças de temperaturas máximas diárias entre as simulações S1, S2 e S3, ficando por vezes um pouco mais elevada a temperatura da S1 Oeste. A simulação que resultou em uma menor temperatura máxima diária e maior quantidade de dias e horas de conforto no ano, mesmo nos dias mais quentes, foi a S3, que utiliza isolamento térmico na envoltória.

Apesar das três primeiras simulações possuírem a mesma implantação bioclimática, com materiais da envolvente dentro da norma, ventilação cruzada e com as mesmas porcentagens de aberturas para ventilação, há uma pequena diferença entre elas. A S3 chega a apresentar duas vezes mais dias confortáveis no ano que a S1, pelo desempenho superior, e 15% a mais pelo desempenho mínimo. Em relação a S2, a simulação S3 ainda possui 6% a mais de dias confortáveis no ano.

Quando se altera a implantação e a fachada principal da S1 fica voltada para a orientação oeste, simulação S1 Oeste, a temperatura do ar diária no interior cai o rendimento em até 7% em relação a S1, com 11 dias de conforto em desempenho superior e 234 dias com desempenho mínimo.

Dessa forma, conclui-se que a especificação dos materiais influencia mais na temperatura final do ar no interior dos ambientes que a orientação da edificação. Nota-se ainda, que mesmo alterando o material da envolvente da unidade e sua implantação, tem-se 70% de horas de conforto no ano, a partir de critérios dados pela norma. Isso se dá pelo fato de o Rio de Janeiro não possuir grande quantidade de horas ao longo do ano com temperatura do ar acima dos 26°C, sendo assim, o desconforto por calor é resultado da alta umidade relativa.

Para tanto, há que considerar a velocidade do vento no interior das unidades, que é a principal estratégia de condicionamento passivo identificado anteriormente neste estudo, pois não é difícil para o Rio de Janeiro apresentar dias com temperaturas abaixo de 26°C e umidade relativa acima dos 80%. Segundo os dados climáticos o Rio de Janeiro possui 65% das horas no ano com umidade relativa superior a 80% e 79% das horas com temperatura abaixo dos 26°C.

Para considerar a ventilação natural, foi simulada para cada situação a velocidade do vento que entra pela fachada sul. Estabelecendo os mesmos 26°C de temperatura como a de conforto, foi aplicada a esta um índice que aumenta a margem de conforto de acordo com a velocidade do vento por hora ao longo do ano, segundo figura a seguir.

Vestimenta	Nível de Atividade			
	Dormindo	Sentado	Em Pé	Ativa
Nu	31	29	25	23
Roupa Leve	29	26	21	18
Paletó e gravata	27	23	17	13
<i>Veloc. Do Vento (m/s) Ajuste os valores acima devido ao movimento do ar</i>				
0,2	0,5	1,0	1,0	1,5
0,4	1,0	1,5	2,0	3,0
0,7	1,5	2,0	3,0	4,0
1,0	2,0	2,5	3,5	5,0

FIGURA 4.15 – Ajuste de temperatura de conforto em função da velocidade do vento.

FONTE: PROCEL EDIFICA.

Com isso, observamos que dependendo da direção do vento em uma hora determinada, há maior ou menor incidência pela janela, e quanto maior a velocidade de entrada, maior é o limite de conforto para a mesma hora. Um ambiente com 28°C pode estar dentro da área de conforto com ventos de 0,7m/s.

Nota-se também que a área de conforto alcançada em função da velocidade do vento para S3 e S2 são iguais e maiores que a S1, podendo haver diferença de mais de 1°C entre elas, figura 4.17. Já que as dimensões, posições e orientações das aberturas nas três simulações são iguais, conclui-se que a velocidade do vento do interior da S3 e S2 são maiores devido à torre de vento que não existe na S1, figura 4.16.

Para S1 oeste, percebe-se que há incidência de vento de forma irregular e por vezes com baixa velocidade, pelo fato da orientação não está voltada para os ventos predominantes, diferentemente da S3, S2 e S1 que apresentam variações mais constantes entre uma hora e outra, figura 4.18.

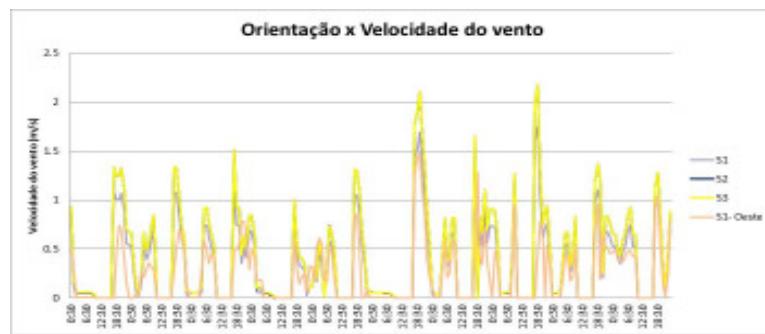


FIGURA 4.16 – Velocidade de entrada dos ventos.

FONTE: PROCEL EDIFICA.

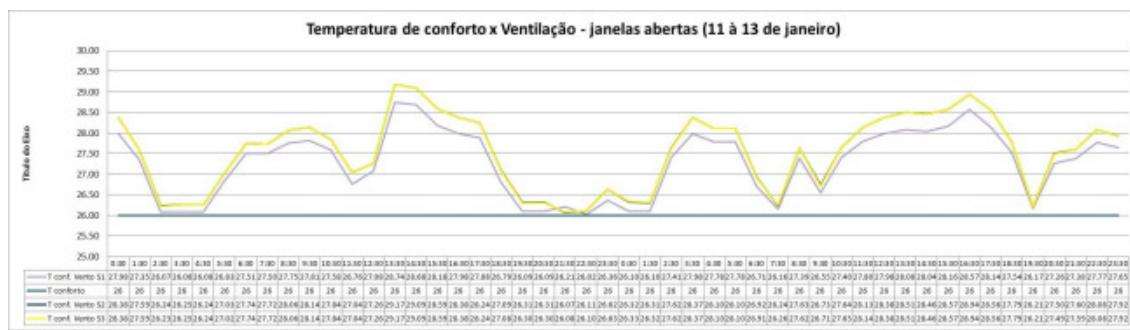


FIGURA 4.17 – Ajuste do limite de conforto em função da ventilação para janelas abertas.

FONTE: PROCEL EDIFICA.

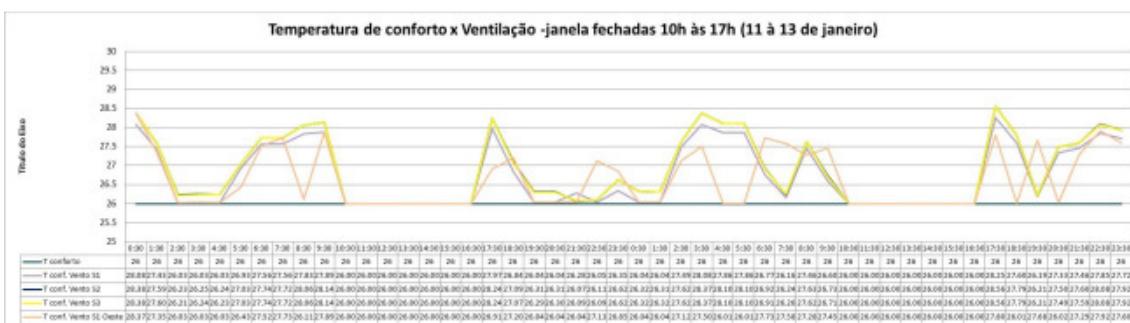


FIGURA 4.18 – Ajuste do limite de conforto em função da ventilação para janelas fechadas durante o dia.

FONTE: PROCEL EDIFICA.

Levando-se em consideração a velocidade do vento para as simulações, a porcentagem de horas de conforto no ano aumenta para 85% na simulação S3 e 81% para S1, com as janelas fechadas durante o dia, em seguida, temos 89% na simulação S3 e 86% para S1, quando as janelas estão abertas, figura 4.20. Há 5% de melhoria de horas de conforto com as janelas abertas, mesmo que isso represente maiores temperaturas do ar no interior em alguns dias, conforme nota-se na figura 4.19.

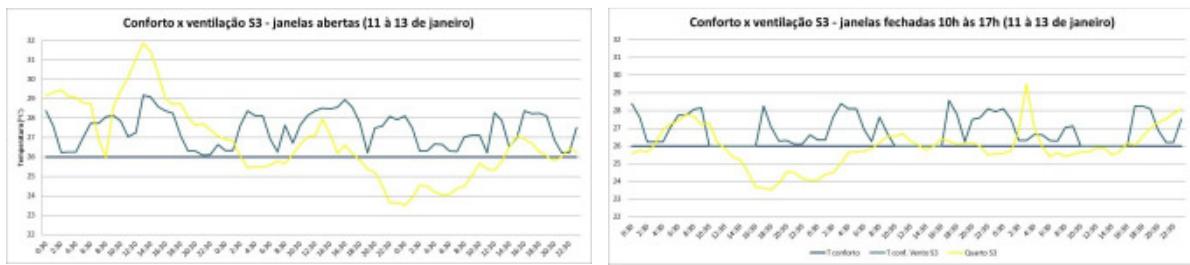


FIGURA 4.19 – Comparação entre limite de conforto, temperatura do ar e ventilação natural.

FONTE: O autor.

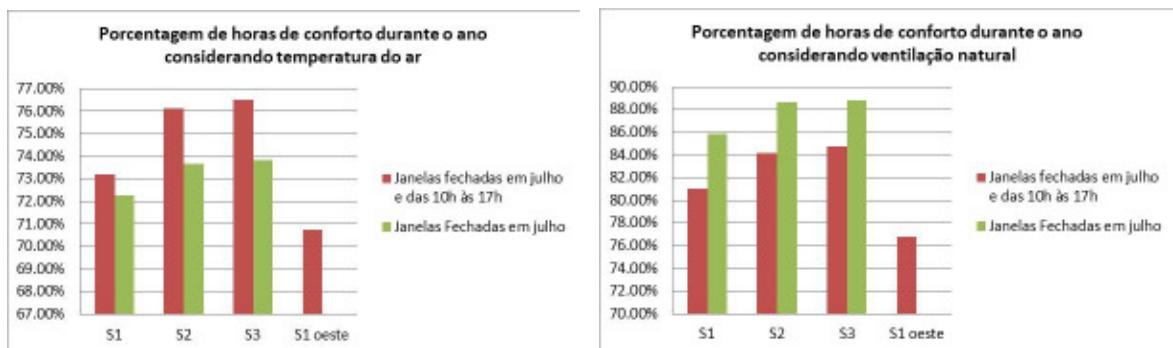


FIGURA 4.20 – Porcentagens de horas de conforto no considerando temperatura e ventilação natural.

FONTE: O autor.

Para as simulações realizadas, observa-se que as maiores quantidades de horas de conforto no ano foram obtidas quando se permitiu a ventilação natural do que quando se considerou somente a temperatura do ar, mesmo para janelas abertas ou fechadas durante o dia. Quando se analisa somente a temperatura do ar, o resultado é invertido e a maior quantidade de horas de conforto é alcançada quando as janelas estão fechadas durante o dia, porém não é avaliado as condições de umidade relativa. Tomando-se a velocidade do vento como parâmetro, os melhores resultados são encontrados mantendo as janelas abertas durante o dia, adicionalmente, a ventilação natural ajuda a melhorar o desconforto térmico causado pela umidade relativa.

Uma vez especificados materiais com desempenhos mínimos dentro das normas, não haverá grandes variações de conforto, para outros materiais mais otimizados, assim, há que pensar no

custo benefício de especificar materiais da envolvente de custo mais elevado e aumentar 3% de horas de conforto, que representam 11 dias ao longo do ano, mudando os materiais de S1 para S3, por exemplo.

A simulação S1 já apresenta elevada porcentagem de dias de conforto, porém, pelos critérios avaliados, em nenhum dos casos a necessidade do uso de ar-condicionado se manteve abaixo dos 3% conforme previsto pela carta bioclimática do Rio de Janeiro como real necessidade.

Para conclusões mais definitivas, até mesmo para estudo de viabilidade e custo benefício entre um material e outro, deve-se elaborar um estudo mais aprofundado onde se considere fluxos e ganhos de calor por condução através de cada material e como isso influencia na sensação de conforto para os usuários, que não varia somente em relação à temperatura do ar e velocidade do vento.

5 CONCLUSÃO

Assim como as condições climáticas influenciam de forma decisiva em cada edificação, determinando que tipos de materiais, aberturas e principais estratégias a utilizar em busca do conforto ideal, esta por sua vez traz grandes interferências, não somente para o entorno imediato, mas para todo o complexo conjunto de serviços e produtos que existe para suprir as necessidades das habitações.

Desde a extração de matérias primas da natureza para a construção em si até o momento do seu uso e operação, levando em consideração toda a rede de tratamento e distribuição de água, e energia, há grandes decisões a serem tomadas nas etapas de projeto de arquitetura que tem influencia direta sobre estas questões e, consequentemente, nos impactos sobre a natureza.

Portanto é indispensável que um projeto seja desenvolvido tendo como premissa à adaptação em seu contexto urbano e climático e uso racional dos recursos naturais, minimizando, não somente o consumo pelo uso, mas o consumo e desperdícios na fonte.

Este estudo apresentou as principais questões projetuais que afetam o desempenho ambiental de uma construção e algumas soluções práticas aplicadas em um estudo de caso que visam a redução de consumo de água e energia, uso de materiais sustentáveis e conceitos bioclimáticos, a fim de poupar a natureza. .

Com isso, observou-se que: uma boa implantação, além de trazer conforto para os usuários, reduz o consumo de energia, bem como o uso de equipamentos eficientes e fontes alternativas de energia; o manejo adequado da água, reduz o consumo de água e solicitação da rede pública, ajuda a manter o ciclo natural da água e auxilia com problemas de inundações urbanas; o uso racional de materiais diminui a solicitação sobre a natureza por recursos naturais virgens e promove a melhor destinação dos resíduos.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. *O desafio da sustentabilidade na construção civil.* São Paulo: Blucher, 2011. (série sustentabilidade 5).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15220. *Norma Brasileira de desempenho térmico de edificações.* Brasil: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15575. *Norma Brasileira de Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho.* Brasil: ABNT, 2008.
- BIANCHI, Corina Faria. *O projeto arquitetônico como ferramenta de Contribuição à eficiência energética nas edificações.* Monografia (Especialização), Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2010.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. *Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável.* Brasília: Caixa Econômica Federal, 2010.
- DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. *A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico.* In: NUTAU, 2002. Núcleo de pesquisa em tecnologia da arquitetura e urbanismo. São Paulo: FAU-USP, 2002.
- GRIFFIN, Maria Eugenia Sosa; SIEM, Geovanni. *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes.* Caracas: IDEC, 2004.
- GONZÁLEZ, F. Javier Neila. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible.* España: Editorial Munilla-Lería, 2004.
- HERTZ, John B. *Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.
- INMETRO. *Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais – RTQ-R.* Rio de Janeiro: INMETRO, 2010.
- ORDEM DOS ARQUITECTOS. *A green vitruvius - princípios e práticas de projeto para uma arquitectura sustentável.* Portugal: [s.n.], 2001.

PROCEL EDIFICA - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. *Ventilação natural em edificações*. Rio de Janeiro: UFAL, 2010.

LAMBERTS, Roberto et al. *Desempenho térmico de edificações – apostila para a Disciplina ECV 5161 do Curso de Engenharia Civil da UFSC*. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2011.

SAUTCHUK, Carla et al. *Conservação e reuso da água em edificações*. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

LAMBERTS, Roberto et al. *Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico*. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

LAMBERTS, Roberto et al. *Casa eficiente: Uso racional da água*. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

APÊNDICE A – Estudo de insolação das aberturas

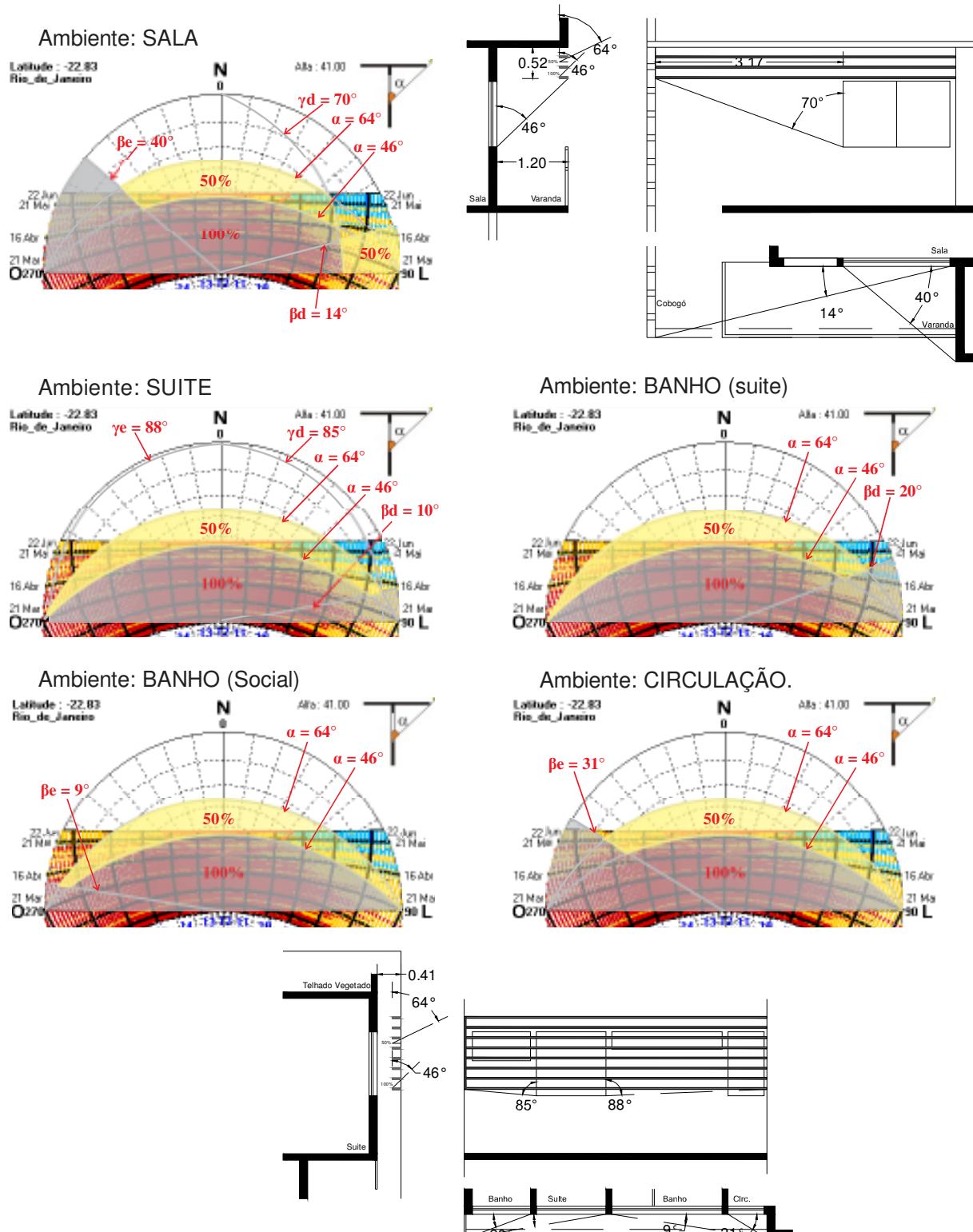
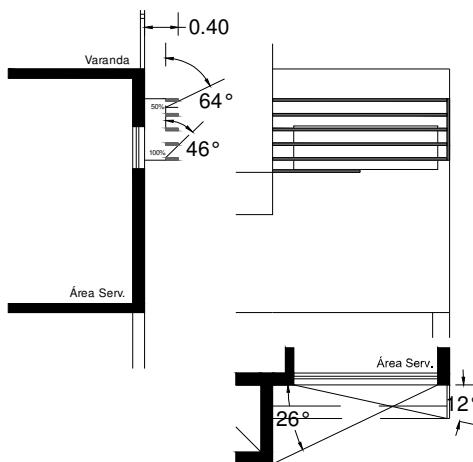
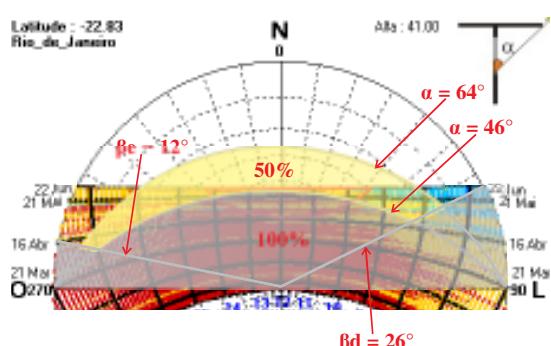


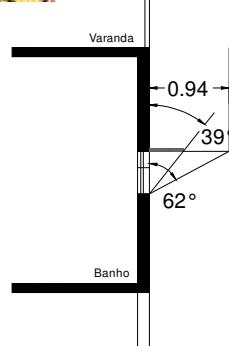
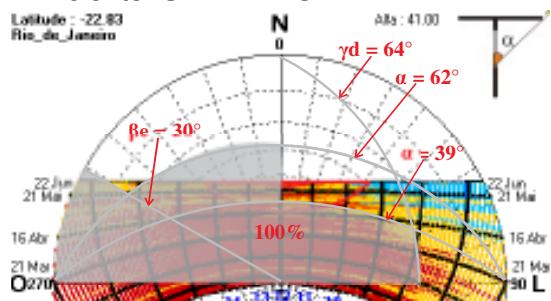
FIGURA A.1 – Estudo de insolação da sala, suíte, banhos e circulação.

FONTE: O autor; Software Sol-Ar 6.2.

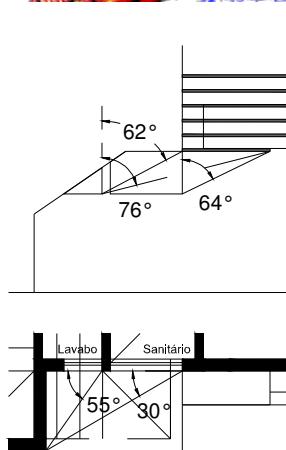
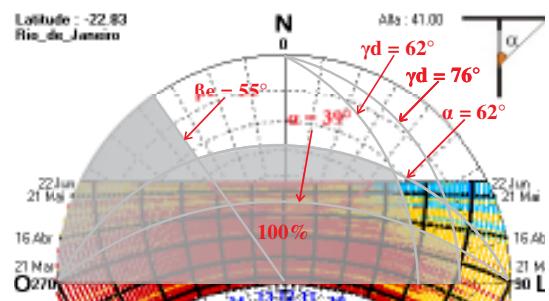
Ambiente: ÁREA SERV.



Ambiente: SANITÁRIO



Ambiente: LAVABO



Ambiente: Ambientes orientados à sul (suite, quarto, escritório, cozinha e sala)

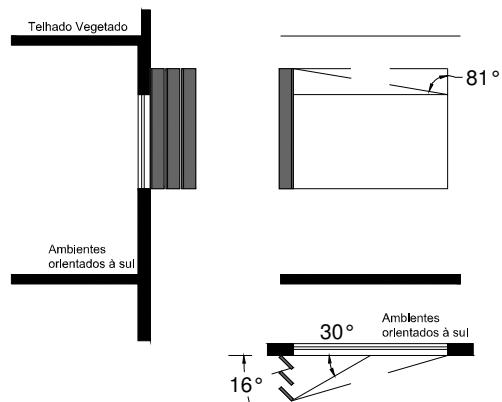
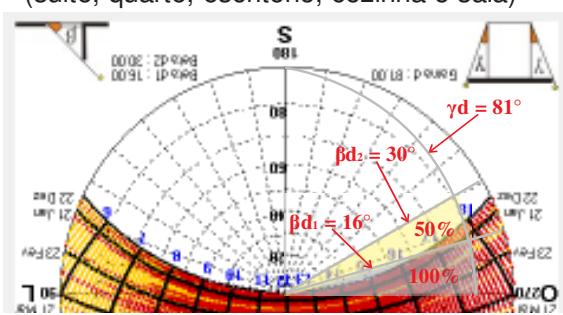


FIGURA A.2 – Estudo de insolação da área de serviço, lavabo e ambientes orientados à sul.

FONTE: O autor; Software Sol-Ar 6.2.