

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS¹

TRIANA, Maria Andrea (1); LAMBERTS, Roberto (2); SASSI, Paola (3)

(1) UFSC, e-mail: andrea@labeee.ufsc.br; (2) UFSC, e-mail: roberto.lamberts@ufsc.br;
(3) Oxford Brookes University, e-mail: psassi@brookes.ac.uk

RESUMO

O objetivo deste artigo é realizar uma investigação inicial considerando impactos no desempenho termo energético em longo prazo frente às mudanças climáticas de projetos que estão sendo desenvolvidos para o setor de habitação social no país. Um projeto representativo estimado com base no levantamento de projetos nacionais foi usado como estudo de caso nas cidades de São Paulo e Salvador. A avaliação usou simulação termo energética considerando arquivos climáticos atuais e de previsão futura. Foi realizada uma caracterização de usos finais e padrão de uso de habitações de interesse social com base em pesquisas nacionais. Os resultados avaliados foram comparados usando-se indicadores de consumo de energia, emissões de carbono e conforto térmico do usuário e mostraram aumento acentuado com relação aos indicadores de resfriamento, refrigeração e desconforto por calor para os climas futuros.

Palavras-chave: Habitação de interesse social. Mudanças climáticas. Desempenho termo energético.

ABSTRACT

This article seeks to carry out an initial investigation considering impacts on thermal and energy long-term performance of projects developed for national programs of social housing in view of climate change. A representative project estimated based on a survey of national projects was used as case study in São Paulo and Salvador. The evaluation used thermal and energy simulation considering current and future climate scenarios. It was conducted a characterization of end uses and usage pattern of social housing based on national surveys. Results were compared using as indicators, energy consumption, carbon emissions and user thermal comfort and showed an increase with respect to cooling indicators and discomfort for heat in future climates.

Keywords: Social housing. Climate change. Thermal and energy performance.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia do setor residencial no Brasil apresenta tendência de crescimento conforme indicado pelo Plano Nacional de Energia 2030. É hoje responsável por 9,3% do consumo final por setor e por 24,8% dos 49,9% correspondentes ao consumo de energia elétrica do setor de edificações

¹ TRIANA, Maria Andrea; LAMBERTS, Roberto; SASSI, Paola. Desempenho de habitações de interesse social frente às mudanças climáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

(Brasil e EPE, 2015a). Com relação às emissões de CO₂ embora represente a maior emissão dentro das edificações (3,7%) (Brasil e EPE, 2015), não apresenta a mesma importância observada em outros países, por conta da matriz energética ainda ter maior parcela com base em renováveis. Contudo, a capacidade instalada da geração térmica no Brasil teve aumento de 41,2% considerando 2006 até 2010 (Brasil e EPE, 2013).

O déficit habitacional brasileiro estimado em 5,8 milhões de unidades, tem a maior parcela em habitações urbanas (85,7%), população até três salários mínimos (82,5%) e regiões Sudeste e Nordeste (Fundação João Pinheiro, 2015). O Programa Minha Casa, Minha Vida proposto para aliviar o déficit está entrando na terceira fase. Na segunda fase foi estabelecida uma divisão para alocação de recursos considerando-se três faixas de renda. Projetos para população de menor renda -Faixa 1, são usualmente desenvolvidos pelas Companhias de Habitação e Agentes Públicos sendo um dos critérios de priorização o menor custo da habitação.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) estima uma vida útil para edificações residenciais de mínimo 50 anos. Para Williams et al. (2012) mudanças no clima podem influenciar nas demandas energéticas para aquecimento, refrigeração e emissões de gases de efeito estufa (GEE) das edificações. Além do conforto do usuário. De acordo com IPCC (2014), o aumento dos GEE na atmosfera devido à ação humana é uma das principais causas das mudanças climáticas e continuam em aumento, causando impactos que incluem estresse pelo aumento das temperaturas e riscos associados.

Para análise dos impactos, o IPCC estabelece cenários futuros de possível desenvolvimento, a partir dos quais são avaliadas alternativas para mitigação ou adaptação, porém têm alto grau de incerteza. Em 1996 foi desenvolvido um conjunto de cenário de emissões cobrindo diferentes alternativas de evolução demográfica, econômica e tecnológica (UNEP, WMO e IPCC, 2000) sendo usados no terceiro e quarto relatório do IPCC. No quinto e último relatório -AR5 foi adotado um novo conjunto de cenários produzidos pela comunidade científica que representam caminhos representativos de futuros climáticos (RCPs) (IPCC, 2016). Os cenários A2 e A1F1 do relatório 3 e 4, e o RCP 8,5 do relatório 5 são considerados alta emissão.

As habitações de interesse social representam um setor importante na atualidade do país, em especial pela quantidade e possível aumento da demanda de energia. Assim, deveriam poder garantir um desempenho adequado com conforto térmico do usuário ao longo do tempo para evitar gastos futuros aos usuários e país. Desta forma este artigo busca fazer uma investigação inicial considerando impactos no desempenho termo energético em longo prazo frente às mudanças climáticas nos projetos desenvolvidos para os programas nacionais de habitação social. A análise foi realizada nas cidades de São Paulo (SP) e Salvador.

2 MÉTODO

O método previu as seguintes etapas:

- Preparação de arquivos climáticos futuros;
- Levantamento dos dados para simulação do projeto representativo na Faixa 1;
- Avaliação dos impactos das mudanças climáticas com indicadores para consumo energético, conforto do usuário e emissões de CO₂ na fase de uso.

2.1 Cenários climáticos futuros

Considerando a falta e dificuldade no acesso a dados regionais de clima futuro foi adotado para geração de arquivos de climas futuros, a ferramenta de livre acesso *CCWorldWeatherGen* na versão 1,8 (JENTSCH et al., 2013). Trabalhos nacionais que usaram esta ferramenta incluem Casagrande (2013). A ferramenta permite uso de arquivos TMY e TRY e coloca como cenário base para previsões do IPCC arquivos dos anos 1961 a 1990. Foram usados arquivos no formato que se encontra disponível para SP e Salvador, sendo TRY que representavam o período de 1961-1990 (LABEEE, 2015) considerados como cenário atual. Os mesmos foram convertidos para arquivos de climas representativos dos anos 2020 e 2050. 2020 representa o período de 2011 a 2040, enquanto 2050 representa o período de 2041 a 2070, com isto embora o ano de 2011 esteja poucos anos no passado quando considerado o ano atual, estão sendo representados de forma aproximada 50 anos da vida útil da edificação.

O *CCWorldWeatherGen* possibilita conversão de arquivos para clima futuro de qualquer local assumindo dados globais do modelo HadCM3 no cenário A2. O IPCC considera que este cenário mostra tendência de desenvolvimento atual. Mesmo não sendo usados dados regionais ou dos cenários do último relatório, os resultados obtidos com a ferramenta consideram-se mostrando uma tendência no clima futuro conforme colocado por Jentsch et al.(2013).

2.2 Dados para simulação do projeto

O estudo de caso é um projeto representativo de habitação unifamiliar-Faixa 1 definido através da análise de 11 projetos usados no PMCMV por Companhias de Habitação e Agentes Públicos nacionais cujas características e parâmetros para definição encontram-se descritos em Triana, Lamberts e Sassi (2015). O modelo para simulação termo energética no programa *EnergyPlus* versão 8.2 incluiu quatro zonas térmicas: estar/cozinha, quarto 1, quarto 2 e banheiro, todos com pé direito de 2,5m. O ático foi modelado também como zona (Figura 1). A Tabela 1 mostra características da envoltória e a Tabela 2 as propriedades térmicas dos materiais tomados da NBR15220 Parte 2 (ABNT, 2005).

Figura 1 – Projeto representativo

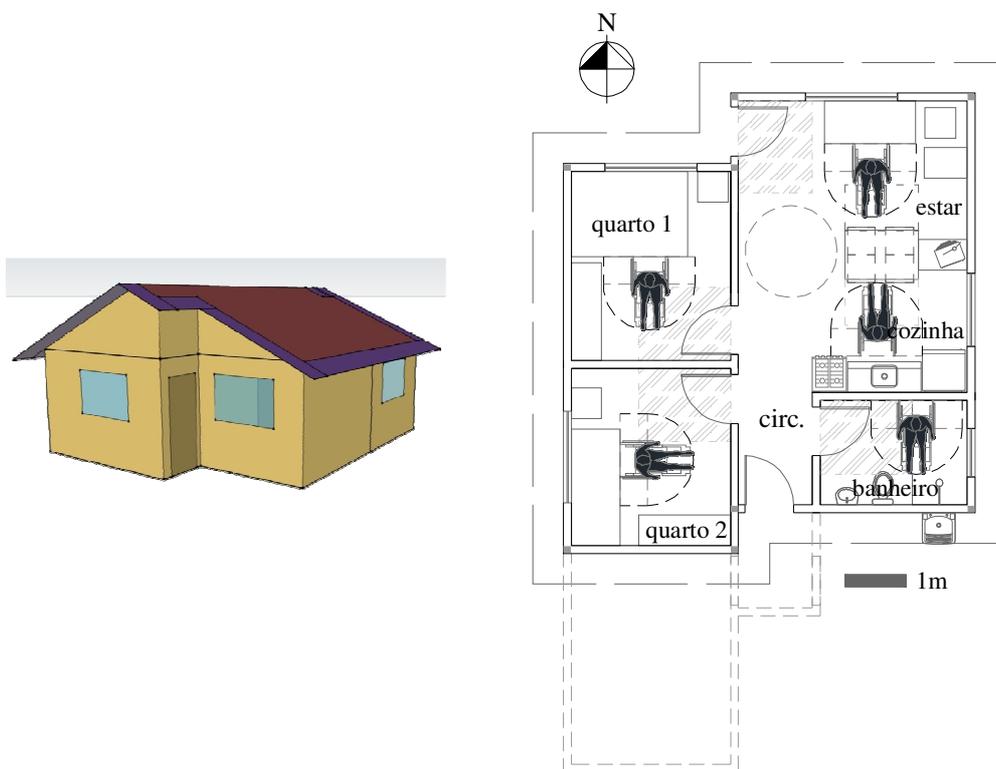


Tabela 1 - Características do projeto representativo

| Construção | Descrição | U [W/m 2.K] | C [kJ/m 2 .K] | α |
|--------------------|---|-------------------|---------------------|----------|
| Paredes | 13cm (tijolo cerâmico 6 furos 9x14x19 com 2cm de reboco interno e externo) | 2.43 | 132 | 0.6 |
| Cobertura | 2 águas – Telha cerâmica, ático e forro de PVC. Inclinação: 23,6° | 1.75 | 21.4 | 0.7 |
| Área dos ambientes | Área útil total habitação: 39.75m ² ; Estar/Cozinha= 17.83m ² ; Quarto 1= 8.07m ² ; Quarto 2=7.54m ² ; Circulação= 2.21m ² | | | |
| Janelas | -Estar e quartos: 1,50m ² –2 folhas de correr, Fator de ventilação (FV)=0.45; Fator de iluminação (FI)=0.8; Cozinha: 1,20m ² –2 folhas de correr, FV=0.45; FI=0.80; Banheiro:0.48 m ² –Basculante com esquadria, FV=0.90; FI=0.65 . Todas sem sombreamento | | | |
| Portas | 5 portas de 0.80x2,10m sendo 2 externas metálicas e 3 internas em madeira | | | |
| Beiral | 50cm | | | |
| Pé direito | 2.50 m | | | |

Tabela 2 - Propriedades dos materiais nas simulações

| Material | Espessura equivalente [cm] | Condutividade [W/mK] | Densidade [kg/m ³] | Calor específico [J/kgK] | Absortância |
|--|----------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|---|
| Tijolo 6 furos 9x14x19cm | 2,07* | 0,90 | 1427,57* | 920 | 0,7 |
| Junta argamassa | 1,30 | 1,15 | 1950 | 1000 | 0,7 |
| Reboco | 2,00 | 1,15 | 1950 | 1000 | 0,6 |
| Piso cerâmica | 1,00 | 1,05 | 1900 | 920 | 0,4 |
| Argamassa regularização piso | 2,00 | 1,15 | 1950 | 1000 | 0,7 |
| Laje concreto piso | 5,00 | 1,75 | 2300 | 1000 | 0,7 |
| Brita piso | 3,00 | 0,70 | 1250 | 800 | 0,8 |
| Telha cerâmica | 1,00 | 1,05 | 1900 | 920 | 0,6 |
| Forro PVC | 2,83* | 0,20 | 96,61* | 960 | 0,3 |
| Porta madeira | 0,50 | 0,23 | 675 | 1340 | 0,7 |
| Porta metálica (alumínio) | 0,20 | 55 | 7800 | 460 | 0,6 |
| Câmara de ar | | | | | Resistência térmica [m²K/W] |
| Câmara de ar superfície de alta emissividade, espessura >5cm - fluxo horizontal | | | | | 0,17 |
| Câmara de ar superfície de alta emissividade, espessura 2 a 5cm - fluxo horizontal (usada em parede) | | | | | 0,16 |
| Câmara de ar superfície de alta emissividade, espessura 1 a 2cm - fluxo horizontal (usada em portas) | | | | | 0,14 |

*Valores de densidade e espessura equivalente para simulação calculados conforme Ordenes et al. (2003)

2.3 Outros dados para simulação

Para definição das cargas internas foram analisadas referências nacionais com enfoque na habitação e, quando disponível na habitação de interesse social: Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo-SINPHA (BRASIL, ELETROBRÁS, PROCEL, 2007) considerando os dados de 1 a 3 salários mínimos de renda e tipologia casa nas regiões Sudeste e Nordeste. Também da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios-PNAD (IBGE, 2013), Censo de 2010, Etiquetagem de Energia e dados da Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL. Embora acredite-se que os usos finais de equipamentos e iluminação podem mudar durante a vida útil da edificação, foram mantidos constantes para verificar a influência da envoltória. Igualmente com base na pesquisa de Ren, Chen e Wang (2011) que observou as cargas internas não mostrando muita sensibilidade às questões de aquecimento global. Além disso, por questões de simplificação do estudo e o foco estar na envoltória, não foi considerado consumo de energia em *stand by*, energia para cocção ou aquecimento de água. Na mesma linha e embora reconhecendo da importância do usuário no desempenho da edificação, o comportamento e número de usuários foram mantidos constantes para todos os cenários climáticos, considerando

atividade metabólica de 108W para o estar e banheiro, e 81W para os quartos.

As simulações foram realizadas com duas formas de operação baseadas no método de avaliação por simulação do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Energia: uso exclusivo de ventilação natural e uso de condicionamento ambiental (AVAC) e ventilação natural. Porém com algumas diferenças em relação à Etiqueta que são ressaltadas. Para ventilação natural, definida como acontecendo 24 horas ao longo do ano, foi usado o objeto *airflow network* do *Energy Plus* com controle nas zonas por temperatura considerando *setpoint* de 20°C. Já a simulação com ar condicionado, usou o objeto *Packaged Terminal Heat Pump* do *Energy Plus*, sendo um recurso para verificar consumo provável caso seja usado o condicionamento ambiental. Para isto, modelou-se para os quartos e o estar de forma diferente do método utilizado na Etiqueta de Energia, que só considera os quartos. O sistema foi ligado a um termostato. Outras diferenças relacionadas ao método utilizado na Etiqueta de Energia, são os limites de aquecimento e resfriamento. Para aquecimento adotou-se um limite constante em 19,5°C (DE VECCHI et al., 2014). Para resfriamento, considerou 25°C no período entre a meia noite até às 07h e 24°C no período após as 07h até a meia noite (SORGATO, 2015). O uso do AVAC segue a ocupação dos ambientes. O coeficiente de desempenho do sistema de refrigeração e aquecimento de 3,24 W/W, manteve-se constante em todos os cenários, já que o foco é a envoltória. Nesta simulação, a ventilação natural foi usada no período oposto ao uso do AVAC.

Para tipologias térreas no Brasil a interação entre temperatura do solo e temperatura interna da habitação é muito importante. A ferramenta usada para conversão dos arquivos futuros proporcionou dados previstos de temperatura do solo sendo usado no *Energy Plus* o objeto integrado através do *Ground Domain Slab*.

2.4 Indicadores: consumo energético, impacto ambiental e conforto térmico, na fase de uso da edificação

A simulação termo energética com AVAC forneceu dados de consumo previsto para condicionamento ambiental expressos em kWh/ano para a habitação. Para uma comparação direta entre os três cenários climáticos estabelecidos, foi decidido usar um fator de emissões de previsão futura, desta forma, foi usado o fator previsto para a eletricidade pelo PNE 2030 considerando o fator médio entre os quatro cenários propostos no documento, sendo 0,156 kgCO₂/kWh.

Para avaliação de conforto térmico com uso exclusivo de ventilação natural foram usados dois indicadores. Horas de desconforto foram avaliadas com o método adaptativo da ASHRAE 55 (2013) que considera a temperatura operativa do ambiente com relação à temperatura externa predominante ($T_{pma(out)}$) para horas ocupadas. Com base no estudo de De Vecchi et al. (2014) foi adotado o uso das médias mensais de temperatura para o cálculo

da $T_{pma(out)}$ e temperatura fixa em 19,5°C para horas de desconforto por frio. Para desconforto por calor considerou-se aceitabilidade de 80%. Outro indicador usado foi graus hora, que considerou o limite de 26°C para resfriamento e 19,5°C para aquecimento. Ambos estimados de forma anual com relação à temperatura operativa dos principais ambientes de ocupação. Por fim, foi realizada uma ponderação que considerou as áreas dos ambientes de forma obter-se um único valor para cada indicador.

3 RESULTADOS

Os resultados mostraram previsão de aumento futuro nas temperaturas médias em SP em 2°C e até 3°C. Em Salvador as mudanças são mais constantes ao longo do ano com aumento de temperaturas médias ao redor de 2°C (Figura 2). Porém, olhando mais em detalhe observa-se na semana entre 24 de fevereiro a 02 de março, a temperatura externa chegando a picos de temperatura ao redor dos 35°C para o cenário de 2050 em SP e ao redor dos 34°C para Salvador (Figura 3).

Figura 2 - Temperaturas médias mensais SP(a) e Salvador(b)-Três cenários climáticos. Faixa em vermelho mostra semana em destaque

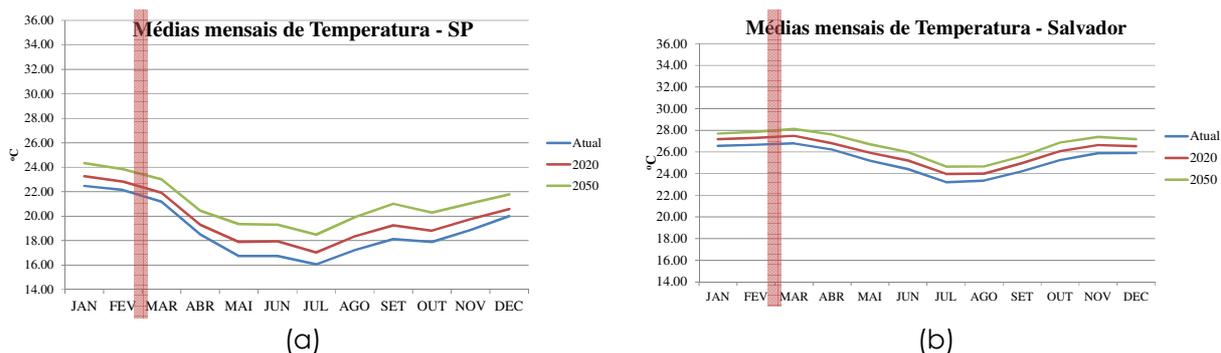
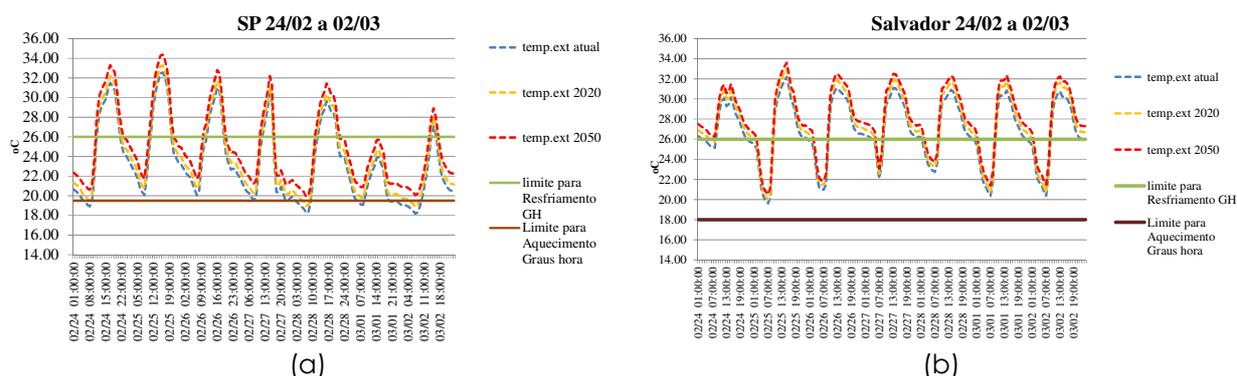


Figura 3 - Temperaturas horárias 24/02 a 02/03 - SP(a) e Salvador(b)



Dados do PNAD mostraram tendências como envelhecimento da população, diminuição do número de habitantes por habitação, diversas configurações das famílias e posses de equipamentos principais: televisão, computador e máquina de lavar roupas.

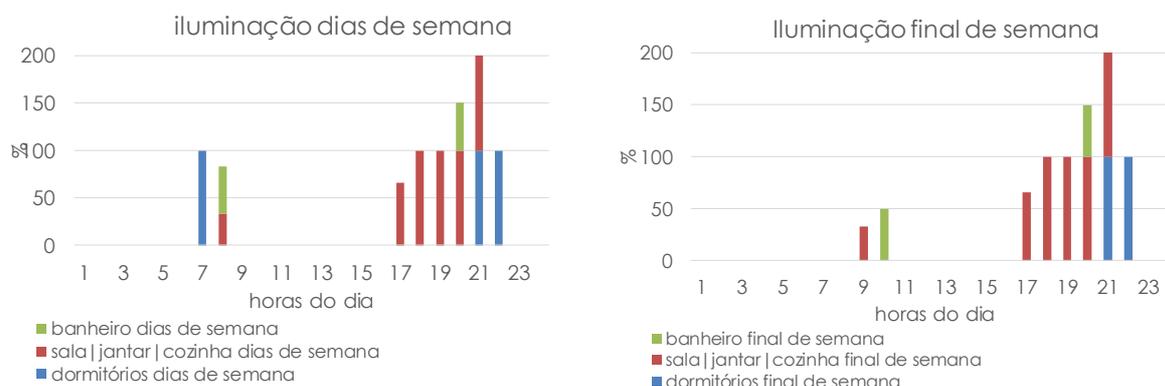
No SINPHA, os resultados mostraram diferenças significativas nas duas regiões nos usos finais de ventilador e circulador, iluminação e água quente, assim como na quantidade média de pessoas por habitação. Contudo, acredita-se que a futuro as diferenças tendam a desaparecer na busca por habitações mais confortáveis e aumento da renda familiar. Assim, foi assumido a mesma posse, uso de equipamentos e iluminação para ambas regiões. A Tabela 3 mostra o consumo elétrico estimado para o projeto representativo sendo 136,65 kWh/mês, sem considerar uso do condicionamento de ar. Este consumo está em acordo com pesquisas nacionais como Fedrigo et al. (2009) e Tavares (2006).

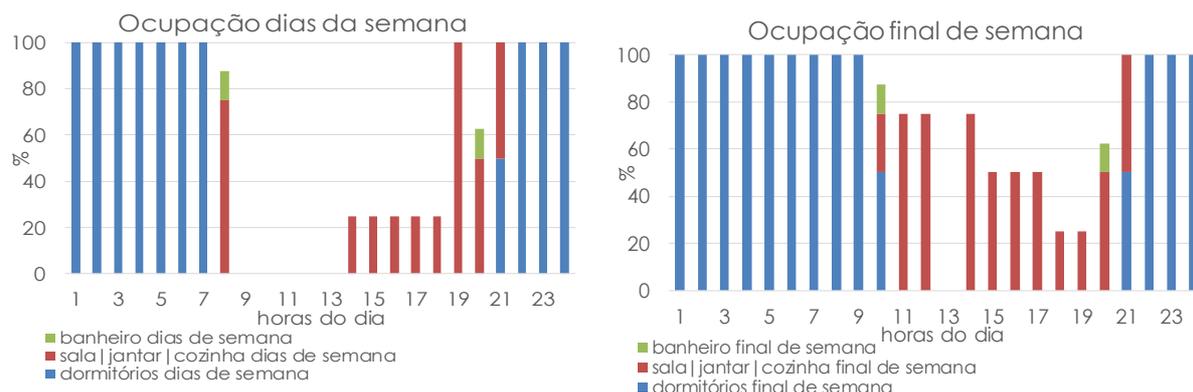
Tabela 3 - Consumo estimado energia elétrica mensal

| Usos finais | Consumo (kWh/mês) | Potência (kW) | Uso (horas/dia) | Dias no mês | Uso (horas/mês) |
|----------------------|-------------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Iluminação | 9,42 | | | | |
| Geladeira | 24,0 | 0,0333 | 24 | 30 | |
| Chuveiro elétrico | 64,00 | 4,025 | 0,53 | 30 | |
| Televisão | 12,75 | 0,085 | 5 | 30 | |
| Aparelho som | 4,8 | 0,08 | 3 | 20 | |
| Computador | 8,91 | 0,135 | 3 | 22 | |
| Ferro | 10 | 1 | | | 10 |
| Máquina lavar roupas | 2,8 | 0,28 | | | 10 |
| Consumo total | 136,65 | | | | |

Padrões de ocupação foram tomados da Etiqueta Nacional de Energia, e PNAD. Para o Nordeste as referências indicaram tendência de quatro pessoas por habitação enquanto no Sudeste três. Entretanto, foram considerados quatro usuários para comparações mais diretas nas duas cidades sendo 4 no estar, dois nos quartos e 1 no banheiro. Padrões de iluminação e ocupação para ambas regiões são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Padrões iluminação e ocupação para ambas regiões





Para orientação da habitação adotou-se a que apresentou pior desempenho (Figura 1). Como o projeto está servindo de base para investigações, melhorias observadas nessa orientação tenderão a incrementar-se em outras orientações. Na operação com uso exclusivo de ventilação natural em SP, o quarto 2 apresentou mais graus hora de resfriamento no cenário climático atual, enquanto para 2020 e 2050 esta posição é ocupada pelo quarto 1, porém com pouca diferença. Já para Salvador o quarto 2 apresentou o desempenho mais baixo entre os ambientes nos cenários climáticos (Figura 5).

Considerando a média ponderada dos ambientes de maior permanência e cenário climático atual, observa-se que em SP os graus hora de resfriamento aumentam ao redor de 300% para 2050 passando de 2.447 a 7.491. Em contrapartida graus hora de aquecimento têm redução de 95% no mesmo período. Em Salvador o aumento na média ponderada de graus hora entre o clima atual e 2050 foi aproximadamente 70% (Figura 6)

Figura 5 - Graus hora resfriamento e aquecimento SP(a) e Salvador(b) por ambiente

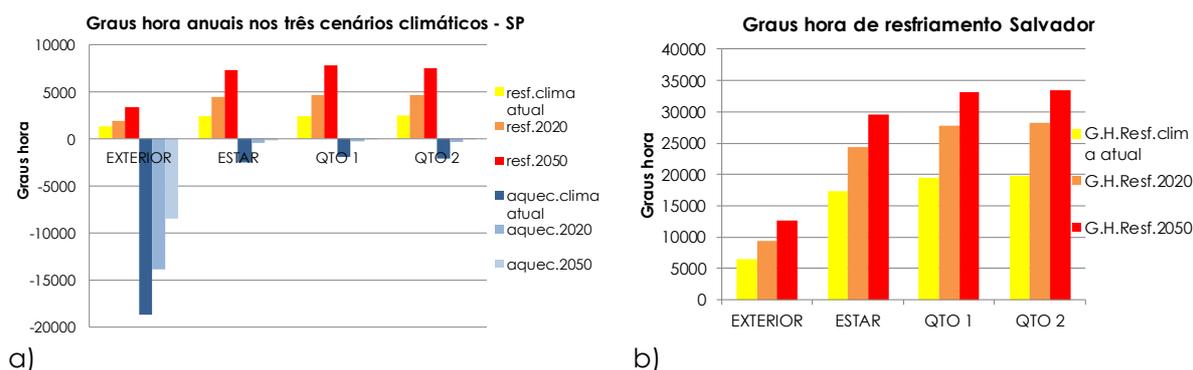
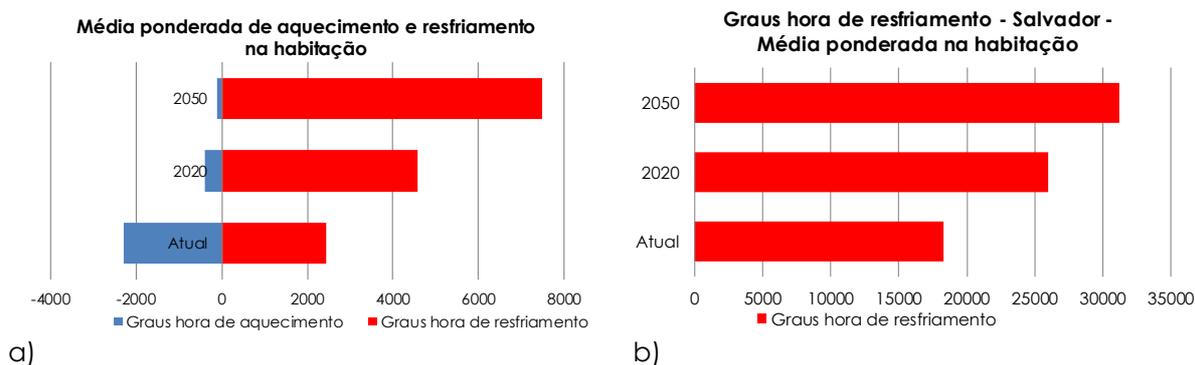
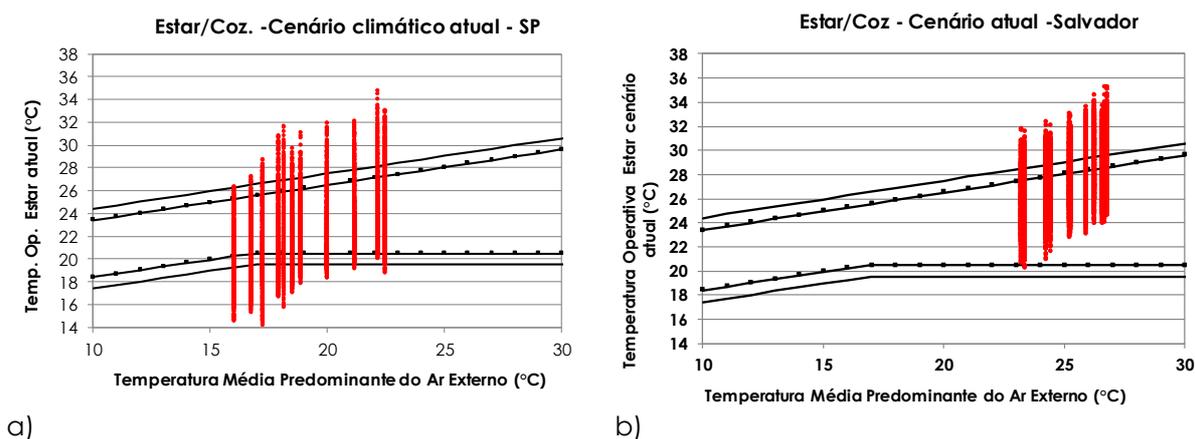


Figura 6 - Média ponderada graus hora para resfriamento e aquecimento SP(a) e Salvador(b)



A Figura 7 mostra a temperatura operativa anual do estar em função da ($T_{pma(out)}$) nas duas cidades. A linha superior representa o limite superior para horas de desconforto por calor com 80% de aceitabilidade, enquanto a linha inferior representa o limite de desconforto por frio em $19,5^{\circ}C$. Mesmo com aumento da $T_{pma(out)}$ nos diferentes cenários, a porcentagem de horas ocupadas com desconforto por calor aumenta, passando em SP para a habitação de 9,4% no cenário atual a 21,6% em 2050. Já horas de desconforto por frio mostram redução passando 16,5% no cenário atual para 1,5% em 2050. Para Salvador, considerando os mesmos parâmetros de avaliação, a porcentagem de desconforto por calor inicial é maior, sendo estimada ao redor de 32% das horas. Já, para 2050 passa ser 51% ou seja, aumento de 59% (Figura 8).

Figura 7. Temperatura operativa do estar anual com relação à $T_{pma(out)}$ para SP cenário atual(a), 2020(c) 2050(e) e Salvador cenário atual(b), 2020(d) e 2050(f)



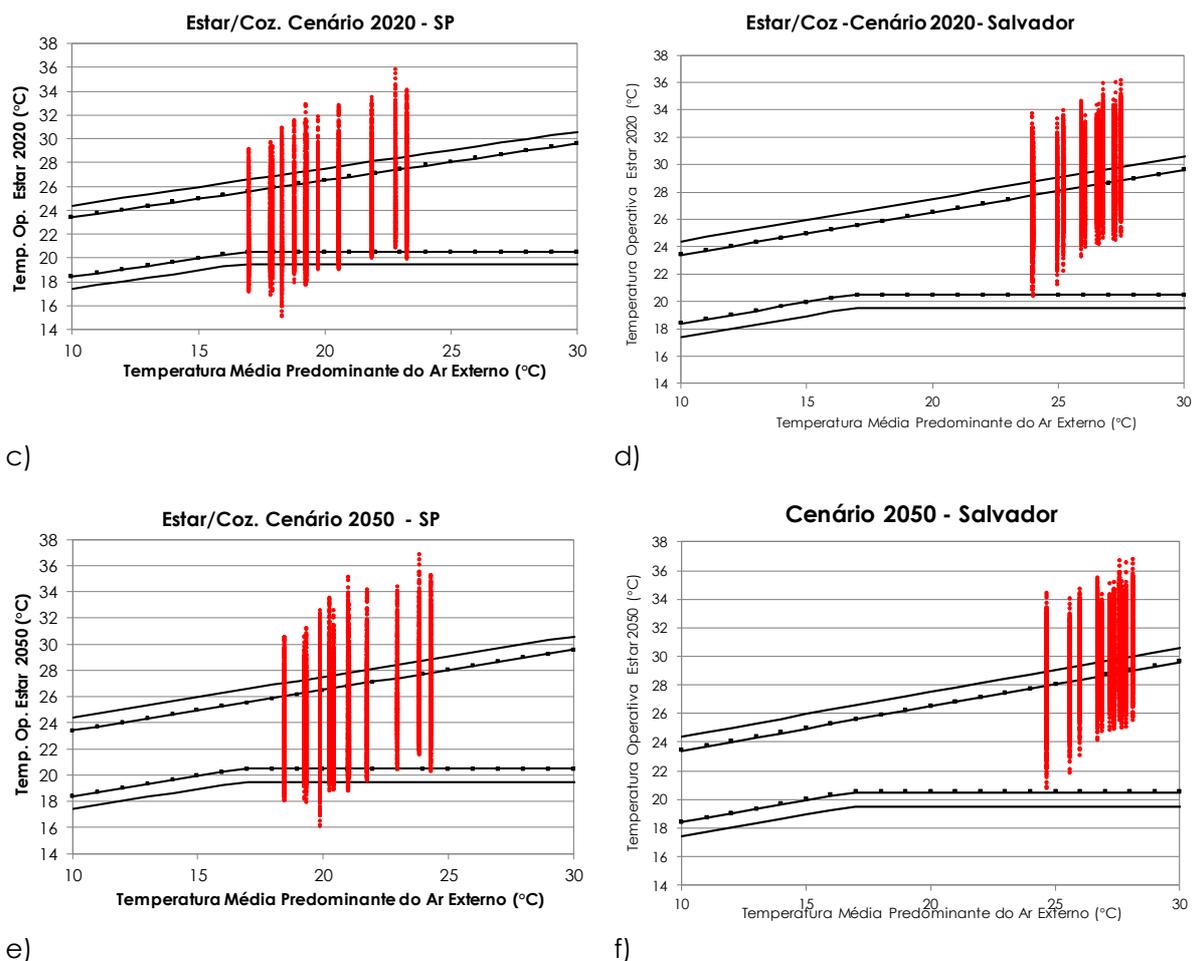
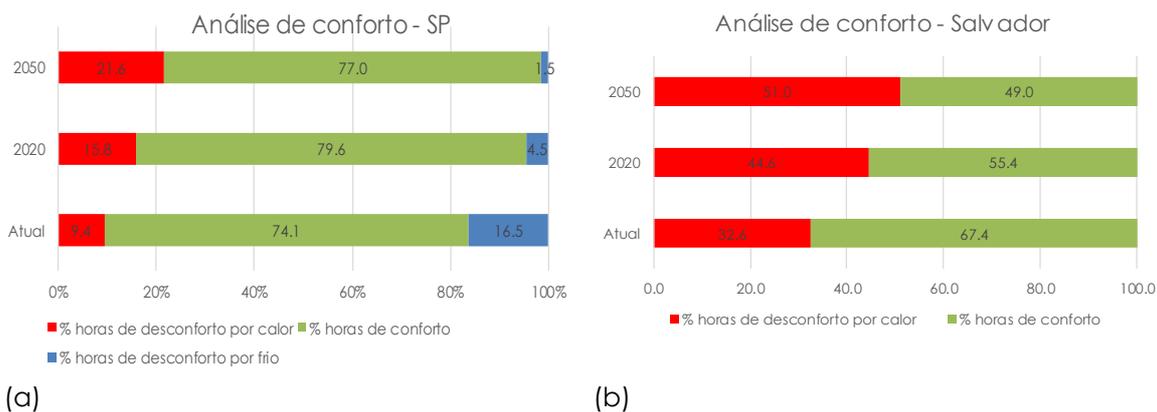


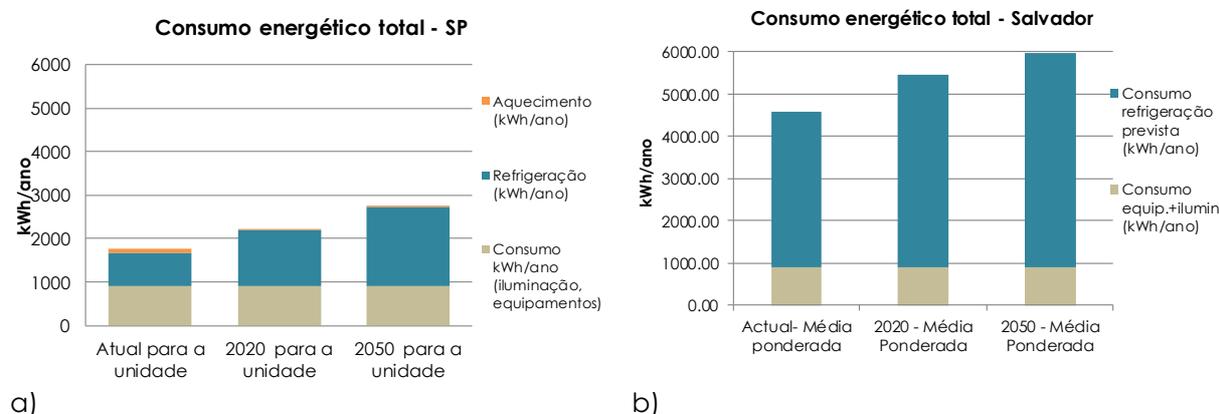
Figura 8 - Porcentagens horas de desconforto e conforto anuais considerando horas ocupadas e média ponderada por ambientes para a unidade em SP(a) e Salvador(b)



Em SP, o consumo energético da edificação mostrou predominância para refrigeração em todos os cenários, com tendência de aumento na previsão futura, passando de 760kWh/ano no clima atual para 1.825kWh/ano em 2050. Em contrapartida o consumo para aquecimento foi reduzido de forma drástica, passando de 87kWh/ano para 4kWh/ano. O consumo total da habitação (equipamentos, iluminação e AVAC) passaria de 1.763kWh/ano

no cenário atual para 2.205kWh/ano em 2020 e 2.745kWh/ano em 2050, ou uma média mensal estimada de 147kWh/mês, 184kWh/mês e 229kWh/mês respectivamente desconsiderando-se aquecimento de água. Em Salvador observa-se uma tendência diferente, onde o consumo da refrigeração prevista representa no cenário atual em torno de cinco vezes o consumo de iluminação e equipamentos. Entretanto a diferencia no aumento entre os cenários é menor do que a observada em SP. O consumo previsto com refrigeração é 3.675kWh/ano para o cenário atual e 5.043kWh/ano para 2050, aumento de aproximadamente 37%. No consumo total incluindo equipamentos e iluminação os resultados são 4.591kWh/ano no cenário atual e 5.959kWh/ano para 2050 ou seja, uma média mensal de 382kWh/mês no cenário atual para 496kWh/mês em 2050 (Figura 9).

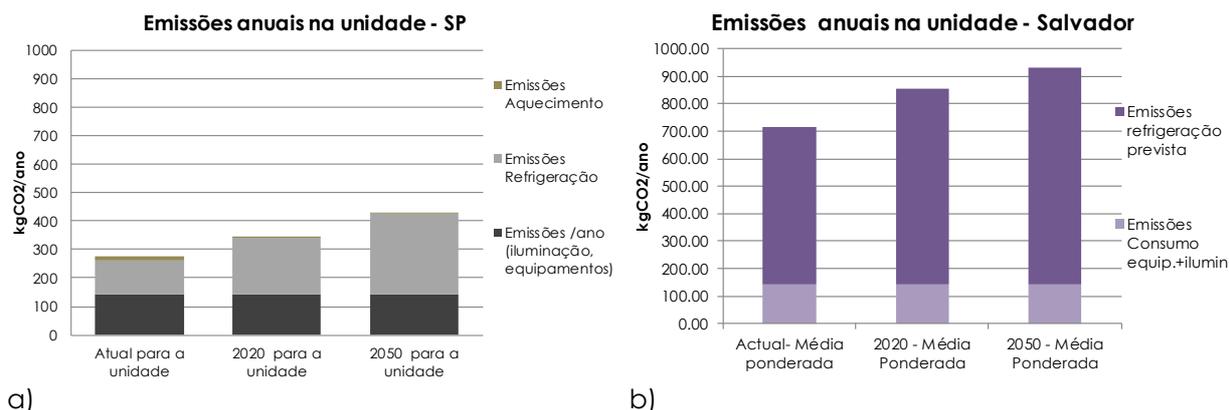
Figura 9 - Consumo energético previsto total anual SP(a) e Salvador(b)



Como esperado, as emissões de CO₂ na operação acompanham a tendência no consumo para condicionamento ambiental nas duas cidades, sendo maiores nos cenários futuros pela refrigeração, enquanto praticamente desaparecem para 2050 pelo aquecimento em SP. Para essa cidade, emissões para refrigeração na habitação passariam de 118kgCO₂/ano no cenário atual para 284kgCO₂/ano em 2050. Em Salvador as emissões atingem valores de 573kgCO₂/ano no cenário atual até 786kgCO₂/ano em 2050 (Figura 10).

Finalmente, as emissões para iluminação e equipamentos no cenário atual nas duas cidades são de 142,91kgCO₂/ano ou 3,17kgCO₂/m²/ano. O estudo de Caldas et al. (2015) com habitação de interesse social em Brasília mostrou valores de emissão para equipamentos e eletricidade incluindo chuveiro elétrico de 148kgCO₂/m² para 50 anos, ou seja 2,97kgCO₂/m² anuais, entretanto o fator de emissão adotado por eles é menor com base no Balanço Energético Nacional de 2014, portanto o valor obtido no cenário atual considera-se próximo do estimado pelo autores.

Figura 10. Emissões totais anuais previstas na unidade em SP(a) e Salvador(b)



4 CONCLUSÕES

Considerando cenários de mudanças climáticas observa-se tendência de aquecimento nos climas de SP e Salvador, mostrando-se também aumento acentuado nos indicadores com relação ao resfriamento/refrigeração. Proporcionalmente o aumento observado foi maior para SP, sendo em valores absolutos maior em Salvador. Contudo, em SP observa-se um aumento nas horas totais de conforto nos climas futuros com relação à situação atual por conta do desconforto por frio. Porém, é ainda muito discutível o limite dos 19,5°C para aquecimento em especial em residências, pois de forma geral observa-se maior facilidade de adaptação ao frio no Brasil. Este é um tema que precisa maior pesquisa no país. Observa-se que para casas com ventilação natural, forma de operação predominante no Brasil, o problema futuro será maior adaptação ao aumento da temperatura. Se comparados os resultados com limites da etiqueta de energia, o projeto representativo já apresenta baixo desempenho, o qual tende a piorar nas previsões futuras, levantando-se a importância de considerar nos projetos estratégias de eficiência energética e baixa emissão de carbono que proporcionem maior conforto ao usuário na vida útil da edificação, o que será abordado em pesquisa futura. Finalmente e devido à incerteza associada aos cenários climáticos, acredita-se que os resultados devem ser usados como tendência e não como valores absolutos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–Brasil.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 -2**: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. RJ, 2005.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1. RJ,2013.

ASHRAE. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2013.

BRASIL; EPE EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2015**. RJ,2015.

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**. 2013.

BRASIL; ELETROBRÁS; PROCEL. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**: Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005. 2007

CALDAS, L.;SPOSTO, R. M.; PAULSEN, J.; SANTOS FILHO, V. Emissões de CO₂ no ciclo de vida de habitações de interesse social : Estudo de caso para O DF-Brasil. In SIBRAGEC ELAGEC. **Anais...**São Carlos, 2015. p. 477–484.

CASAGRANDE, B. G. Cenários climáticos futuros : diagnóstico prospectivo do desempenho termoenergético. **Dissertação**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

DE VECCHI, R.; SORGATO, M. J.; PACHECO, M.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. Application of the adaptive model proposed by ASHRAE 55 in the Brazilian climate context : Raising some issues. In 8th Windsor Conference, Vol. 15251. **Anais...**Windsor, 2014.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F.; GHISI, E. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**, 2009.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO.**Déficit habitacional no Brasil 2013**: Resultados preliminares nota técnica. Belo Horizonte, 2015.

IBGE. Síntese Indicadores Sociais 2013. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2013.

IPCC. **Climate Change 2014**:Synthesis ReportClimate Change 2014. Geneva, 2014.

IPCC. Data Distribution Centre. **Site Institucional**, 2016.

JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B.; BOURIKAS, L.; BAHAJ, A. S. Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates. **Renewable Energy**, 55, 2013.p.514–524.

LABEEE. **Site institucional**. 2015.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no VisualDoe-3.1**.LabEEE, UFSC. Florianópolis, 2003.

REN, Z.; CHEN, Z.; WANG, X. Climate change adaptation pathways for Australian residential buildings. **Building and Environment**, 46(11), 2011. p.2398–2412.

SORGATO, M. J. A Influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais. **Tese**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. 2015.

TAVARES, S. F. Metodologia de análise de ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. **Tese**. Florianópolis, UFSC, 2006.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, 87. December 2014, 2015.p.524–541.

UNEP; WMO; IPCC. **IPCC Special Report**:Emissions Scenarios. 2000.

WILLIAMS, D.; ELGHALI, L.; WHEELER, R., FRANCE, C. Climate change influence on building lifecycle greenhouse gas emissions:Case study of a UK mixed-use development. **Energy and Buildings**, 48, 2012.p.112–126.