

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES EM BRASÍLIA: O CASO DO SETOR NOROESTE¹

JAPIASSÚ, Pammila (1); GUIMARÃES, Mariana Emídio (2); SPOSTO, Rosa Maria (3); AMORIM, Cláudia Naves David (4)

(1) IFG, e-mail: pammilajapiassu@gmail.com; (2) PPG FAU UnB, e-mail: mari.guim@gmail.com; (3) PECC UnB, e-mail: rmsposto@unb.br; (4) PPG FAU UnB, e-mail: clamorim@unb.br

RESUMO

A recente obrigatoriedade de atendimento aos requisitos e critérios de desempenho em edificações habitacionais de acordo com NBR 15575 (ABNT, 2013) provocou mudanças no mercado de construção brasileiro. Quanto ao desempenho térmico, vários aspectos foram problematizados pela comunidade científica em relação aos procedimentos de avaliação. Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de edificações habitacionais multifamiliares em Brasília. No intuito de avaliar a influência da orientação solar no desempenho térmico, foram escolhidas duas edificações habitacionais multifamiliares (A e B) de mesmo projeto arquitetônico em diferentes implantações no Setor Noroeste. A avaliação de desempenho térmico teve como referência a NBR 15575 (ABNT, 2013) e utilizou tanto o procedimento simplificado, como a simulação computacional pelo programa DesignBuilder versão v4.7.0.027. Foram simulados cinco cenários sendo quatro para o verão e um para o inverno. Notou-se que as edificações ora aprovadas no procedimento simplificado apresentaram reprovação quando analisados os cenários sob o método de simulação computacional. Houve variação da aprovação nos critérios utilizando o método de simulação computacional conforme a orientação solar da edificação. Observou-se pouca influência da variação da taxa de ventilação para a redução de temperatura, já o oposto ocorreu com a condição de sombreamento das aberturas.

Palavras-chave: NBR 15.575. Desempenho térmico. Habitação multifamiliar. Simulação computacional. Brasília.

ABSTRACT

The recent obligatoriness to meet the requirements and performance criteria for residential buildings according to NBR 15575 (ABNT, 2013) caused changes in the brazilian construction market. Regarding thermal performance, various aspects were problematized by the scientific community in relation to assessment procedures. This study aimed to evaluate the thermal performance of multifamily residential buildings in Brasilia. In order to evaluate the influence of solar orientation in thermal performance, have been chosen two multifamily residential buildings (A and B) of the same architectural design in different implantations in the Northwest Sector. The evaluation of thermal performance had reference to NBR 15575 (ABNT, 2013) and both use the simplified procedure and the computacional simulation by the

¹ JAPIASSÚ, Pammila; GUIMARÃES, Mariana; SPOSTO, Rosa Maria; AMORIM, Cláudia Naves David. Avaliação de desempenho térmico de edifícios habitacionais multifamiliares em Brasília: o caso do setor Noroeste. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

software *DesignBuilder* version v4.7.0.027. Have been simulated five scenery four for the summer and one for winter. It was noted that the buildings hereby approved under the simplified procedure showed disapproval when analyzed scenarios in the computacional simulation method. There was a variation of the approval of the criteria using the computacional simulation method according to the solar orientation of the building. It was observed little influence of the variation of the ventilation rate for the temperature reduction, since the opposite occurred with shadowing condition openings.

Keywords: NBR 15.575. Thermal performance. Multifamily residential buildings. Computacional simulation. Brasília.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a publicação da primeira norma de desempenho para edificações habitacionais no Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2013), trouxe a discussão sobre o atendimento das edificações habitacionais aos requisitos mínimos de desempenho, bem como se os procedimentos, requisitos e critérios propostos pela normativa para avaliação de desempenho eram consistentes. Apesar dessa norma ser recente, ela é resultado de várias décadas de discussões de instituições brasileiras sobre a avaliação de desempenho em edificações no país, desde os primeiros documentos elaborados pelo IPT na década de 1980 voltados para avaliação de desempenho de habitações de interesse social. Publicada na sua primeira versão em 2008, a norma passou por revisões em 2010, 2012, 2013 e, por fim, entrou em vigor em 19/07/2013. Em sua primeira versão, a norma aplicava-se a edificações habitacionais de até 5 pavimentos, sendo alterada na última versão para edificações habitacionais sem limitação de número de pavimentos.

Bonin (2015) retrata que a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) em conjunto com o Sistema Nacional de Avaliação Técnica – SINAT, em 2007, provocaram mudanças no cenário tecnológico do mercado de construções no Brasil, induzindo a melhoria contínua de qualidade das edificações e estabelecendo um referencial para a inovação e sustentabilidade nas construções. No entanto, a cultura da comunidade técnica não se apropriou dos conteúdos e objetivos de ambos a tempo, sendo possível a existência de lacunas de conhecimento a serem preenchidas em próximas revisões (BONIN, 2015). Quanto à avaliação de desempenho térmico, vários autores identificaram pontos críticos em relação aos procedimentos de avaliação propostos pela norma e observaram a necessidade de aperfeiçoamento desses procedimentos de avaliação.

Um dos aspectos pontuados sobre a avaliação de desempenho térmico, por exemplo, é sobre os requisitos de ventilação natural. Apesar da norma estabelecer áreas mínimas de abertura para ventilação natural, essas somente devem ser atendidas quando não houver legislação local que estabeleça critérios de ventilação natural. De acordo com Chvatal e Roriz (2015, p. 44), a determinação de áreas mínimas pode ser insuficiente, uma vez que outros fatores podem influenciar (...) como as condições de vento no local e a orientação das aberturas de entrada e saída em relação ao vento predominante".

Outro aspecto problemático é a inconsistência dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de avaliação de desempenho térmico da norma. No trabalho de Sorgato et al. (2014), os resultados obtidos pelos procedimentos simplificado e simulação não apresentaram similaridade ou mesma ordem de grandeza. Chvatal e Roriz (2015, p. 45) ressaltam que "o procedimento simplificado da ABNT NBR 15575 considera somente a envoltória opaca e requisitos mínimos para as aberturas, o que pode ser insuficiente para definir o desempenho da edificação". Quanto ao procedimento de simulação computacional, Sorgato et al. (2014) destacam que alguns parâmetros que exercem influência no desempenho térmico, tais como, as cargas térmicas, as condições de contato com o solo e a ventilação natural não são contemplados no procedimento de simulação. Outro ponto apresentado por Sorgato et al. (2014, p. 85) é "a falta de algumas informações como o tipo de céu e a data do dia típico de projeto são parâmetros importantes para calcular a irradiação solar a que a edificação está exposta (...)".

Diante do exposto, este artigo se propôs a avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais multifamiliares típicas em Brasília no setor Noroeste conforme os critérios e requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013). O setor Noroeste foi escolhido por ser concebido como bairro sustentável visando à certificação LEED-ND (*Neighborhood*) e suas edificações habitacionais de alto padrão são associadas à ideia de construções sustentáveis. Foram escolhidas edificações de mesmo projeto arquitetônico em diferentes implantações para análise da influência da orientação solar no desempenho térmico da unidade habitacional.

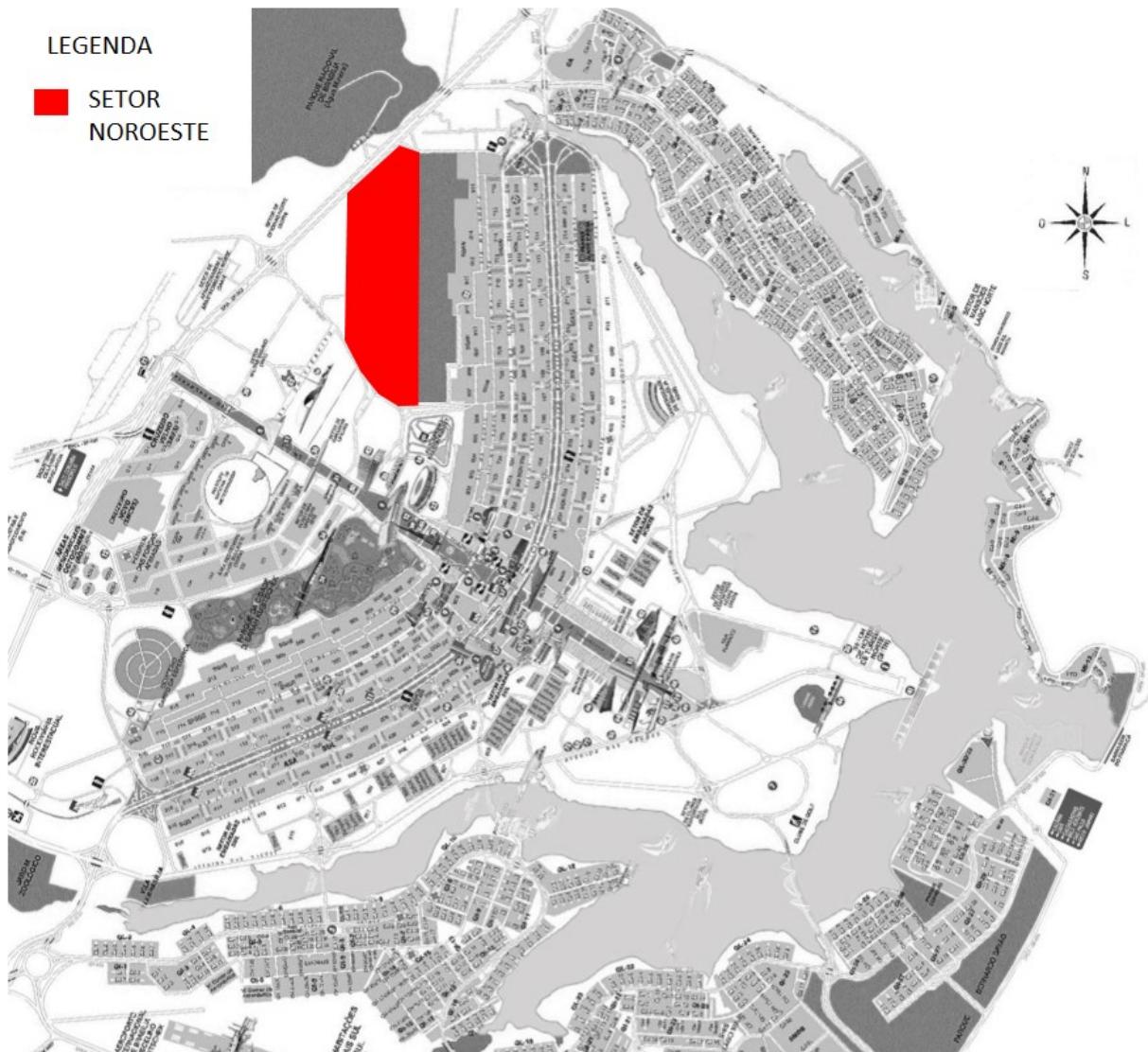
2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO

Para realização da avaliação de desempenho térmico das edificações estudadas, a pesquisa seguiu os critérios e requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013), que indica os procedimentos simplificado, simulação computacional e medição. O procedimento de medição em edificações ou protótipos construtivos é opcional e de caráter apenas informativo, não pode substituir os demais métodos. O método de simulação computacional somente é obrigatório, caso a avaliação de desempenho térmico não tenha sido satisfatória pelo procedimento simplificado. Neste estudo foi realizado tanto procedimento simplificado, como o método de simulação computacional da referida norma para melhor avaliar os objetivos propostos.

Foram escolhidas como estudo de caso duas edificações habitacionais multifamiliares de mesmo projeto arquitetônico em diferentes implantações no Setor Noroeste. Esse setor faz parte da proposta de ocupação e expansão de Brasília do plano-piloto de Lúcio Costa de 1987, conforme Figura 1. De acordo com Costa (1987), a área denominada como Oeste Norte, atual setor Noroeste, foi concebido como bairro para a classe média de uso misto (habitação e comércio), cujas edificações habitacionais previstas configuravam-se como multifamiliares com pilotis e seis pavimentos. Visando estabelecer as estratégias de sustentabilidade para o setor Noroeste, a Terracap estabeleceu um "Manual Verde Plano de Gestão

Ambiental de Implantação- Setor Habitacional Noroeste" (GDF, 2009). Nesse documento são apresentados os itens, baseados nos critérios LEED-ND (Neighborhood) versão Piloto, os quais deveriam ser seguidos para que, posteriormente, o setor pudesse obter a certificação.

Figura 1 – Localização do Setor Noroeste conforme proposta de adensamento e expansão urbana do plano-piloto por Lúcio Costa



Fonte: As autoras

Para este estudo, foram escolhidas duas edificações que representassem os padrões construtivos das edificações do Setor Noroeste. A localização e a orientação solar de implantação das duas edificações de habitação multifamiliar estudadas, denominadas de edifício A e B, podem ser observadas na Figura 2. O edifício A possui orientação Leste/Oeste e o edifício B possui orientação Norte/Sul. Na Figura 3 são ilustrados os dois edifícios.

Figura 2 – Localização das edificações no Setor Noroeste



Fonte: adaptado de Googlemaps (2015)

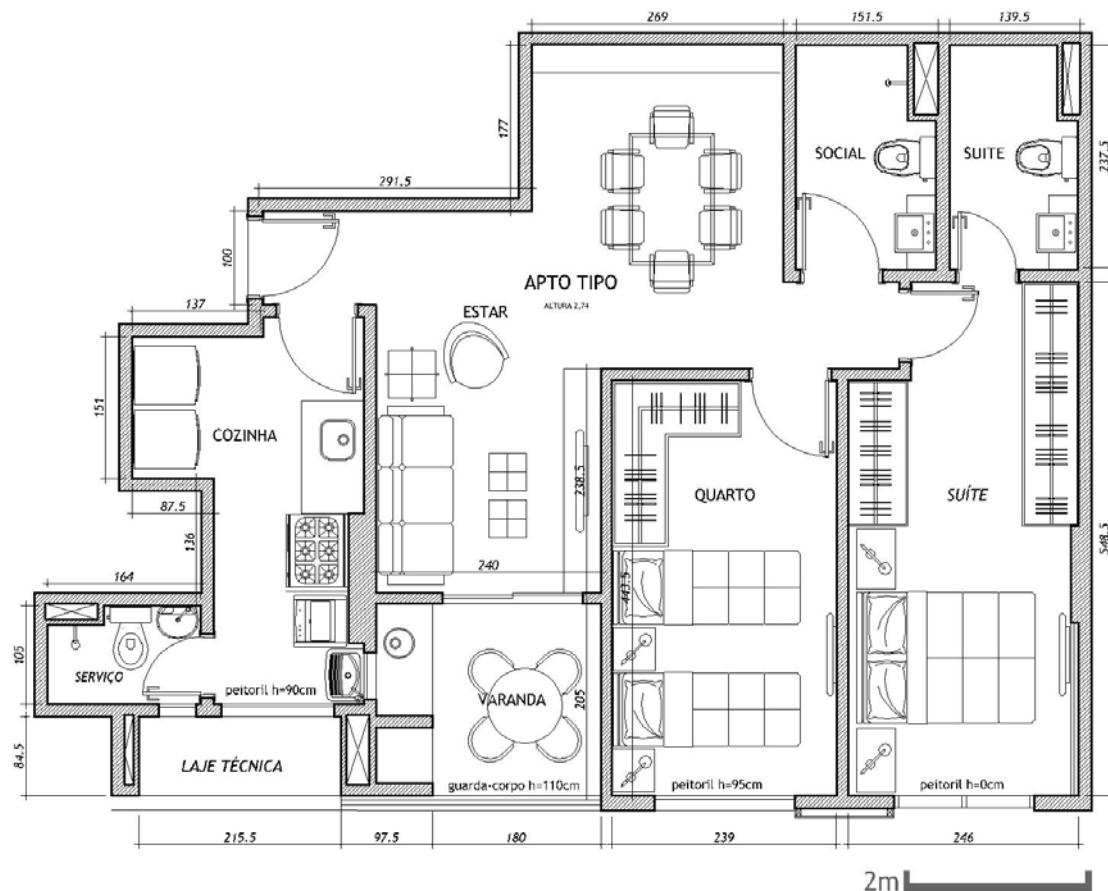
Figura 3 – Edifício A à esquerda e edifício B à direita



Fonte: As autoras

Cada edificação possui uma área total de construção de 13.278,67 m² e são constituídas por 10 pavimentos, sendo: dois subsolos de garagem; um pavimento térreo com halls de entrada, salão de festas, copa, brinquedoteca, cômodos dos funcionários, sala de segurança, lixeira; seis pavimentos tipo; um pavimento de cobertura formada por parte residencial e parte lazer/área comum (casa de máquinas/barrelote, caixa d'água superior e cobertura propriamente dita). A circulação vertical dos blocos é formada por quatro escadas e oito elevadores. Cada edifício possui 96 unidades autônomas privativas, cuja planta padrão é ilustrada na Figura 4.

Figura 4 – Planta da unidade habitacional padrão



Fonte: adaptado de Manual do Proprietário

As edificações possuem sistema estrutural em concreto armado, vedação em alvenaria de bloco cerâmico e esquadrias da fachada em alumínio anodizado. Ao analisar as fachadas das edificações estudadas, foi possível identificar três padrões distintos de elementos construtivos que foram considerados para a avaliação de desempenho térmico, que são:

- Padrão 1: parede de espessura de 16 cm com revestimento de acabamento externo em pastilha e interior em placa cerâmica;
 - Padrão 2: parede de espessura de 15,5 cm com revestimento de acabamento externo em pastilha e interior em pintura; e
 - Padrão 3: parede de espessura de 23,5 cm com revestimento de acabamento externo em granito e interior em pintura.

As propriedades térmicas de cada componente que compõem essas paredes, bem com os resultados obtidos de resistência térmica, conforme NBR 15220 (2005), são apresentados nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 1 – Propriedades térmicas da parede Padrão 1.

Componente/ Material (cm)	Espessura (m)	Referências	Densidade de massa aparente (r) -(Kg/m ³)	Condutividade térmica (λ) - (W/(m.K))	Calor específico (c) - KJ/(Kg.K))	Resistência térmica da camada - (m ² .K)/W
Pastilha cerâmica 5x5 cm Atlas areia	0,006	<i>DesignBuilder - ceramic, glazed</i>	2500,00	1,40	0,84	0,00
Argamassa colante	0,005	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,00
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Bloco cerâmico 9x19x29 cm	0,090	NBR 15220 (2005) - tijolos e cerâmicas de barro	1600,00	0,90	0,92	0,10
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Argamassa colante	0,005	NBR 15220 (2005)	2000,00	1,15	1,00	0,00
Cerâmica 34X59 cm, bege	0,008	<i>DesignBuilder - ceramic, glazed</i>	2500,00	1,40	0,84	0,01

Tabela 2 – Propriedades térmicas da parede Padrão 2

Componente/ Material (cm)	Espessura (m)	Referências	Densidade de massa aparente (r) - (Kg/m ³)	Condutividade térmica (λ) - (W/(m.K))	Calor específico (c) - KJ/(Kg.K))	Resistência térmica da camada - (m ² .K)/W
Pastilha cerâmica 5x5 cm, areia	0,006	<i>DesignBuilder - ceramic, glazed</i>	2500,00	1,40	0,84	0,00
Argamassa colante	0,005	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,00
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Bloco cerâmico 9x19x29cm	0,090	NBR 15220 (2005) - tijolos e cerâmicas de barro	1600,00	0,90	0,92	0,10
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Tinta Acrílica Fosca Branco Neve			Massa e espessura desprezível			

Tabela 3 – Propriedades térmicas da parede Padrão 3

Componente/ Material (cm)	Espessura (m)	Referências	Densidade de massa aparente (r)- (Kg/m ³)	Condutividade térmica (λ) - (W/(m.K))	Calor específico (c) - (KJ/(Kg.K))	Resistência térmica da camada - (m ² .K)/W
Granito branco siena	0,020	DesignBuilder – granite	2600,00	2,80	1,00	0,01
Camada de ar	0,070	NBR 15220 (2005)	0,00	0,00	0,00	0,17
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Bloco cerâmico 9x19x29 cm	0,090	NBR 15220 (2005) - tijolos e cerâmicas de barro	1600,00	0,90	0,92	0,10
Reboco paulista	0,025	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,02
Tinta Acrílica Fosca Branco Neve			Massa e espessura desprezível			

A cobertura da unidade habitacional é composta por sete componentes: o piso, a argamassa colante, a camada de impermeabilização, o contrapiso, a laje maciça, a camada de ar e o forro. As propriedades térmicas de cada componente e os resultados de resistência térmica obtidos para a cobertura são apresentados na Tabela 4.

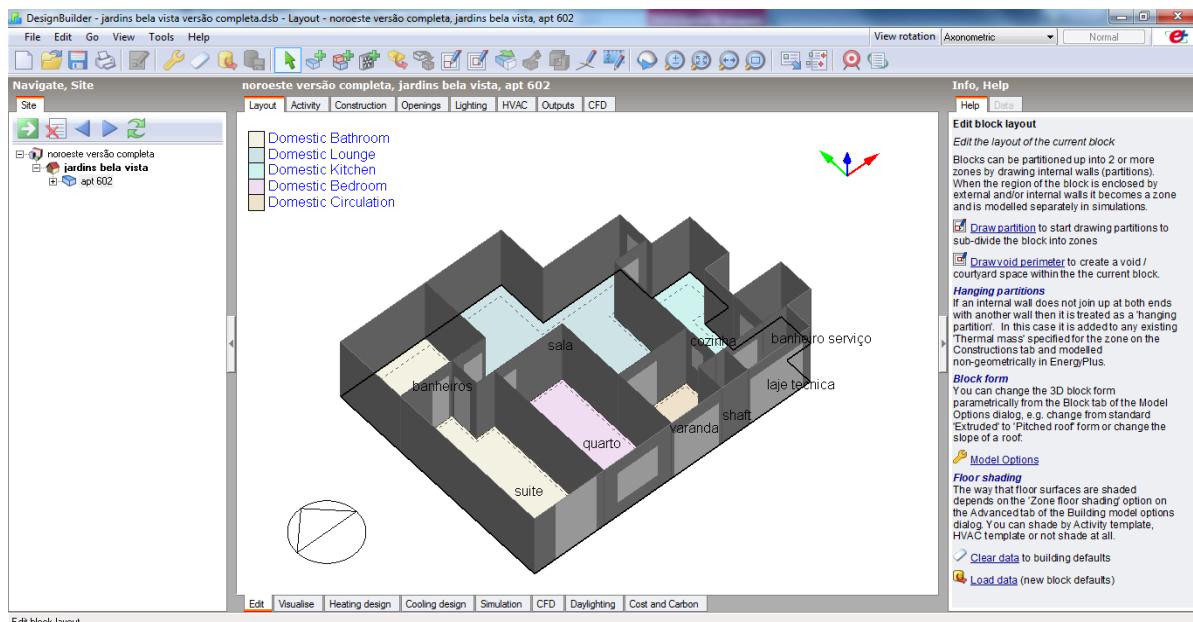
Tabela 4 – Propriedades térmicas da cobertura

Componente/ Material (cm)	Espessura (m)	Referências	Densidade de massa aparente (r)- (Kg/m ³)	Condutividade térmica (λ) - (W/(m.K))	Calor específico (c) - (KJ/(Kg.K))	Resistência térmica da camada - (m ² .K)/W
Porcelanato esmaltado ravena noce, 26 x 106 cm	0,080	DesignBuilder - ceramic, porcelain	2300,00	1,30	0,84	0,06
Argamassa colante	0,005	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,00
Impermeabilização - manta asfáltica	0,040	NBR 15220 (2005) – asfalto	2300,00	1,15	0,92	0,03
Contrapiso	0,030	NBR 15220 (2005) - argamassa comum	2000,00	1,15	1,00	0,03
Laje maciça	0,150	NBR 15220 (2005) - concreto normal	2400,00	1,75	1,00	0,09
Camada de ar	0,200	NBR 15220 (2005)	0,00	0,00	0,00	0,21
Gesso acartonado	0,020	NBR 15220 (2005) - placa de gesso	1000,00	0,35	0,84	0,06

Para a simulação computacional foi utilizado o programa *DesignBuilder* versão v4.7.0.027, conforme ilustrado na Figura 5. Foram utilizados, com base no programa, os dados climáticos BRA_BRASILIA_IWEC. Quanto aos dias típicos, a norma não estabelece uma data específica e não apresenta informações necessárias para a configuração dos arquivos climáticos utilizados na simulação computacional. Conforme também identificado por Sorgato, Melo e Lamberts (2014, p.18) "a Tabela A.2 e a Tabela A.3 da NBR-15575-1 não apresentam informações referentes à data, a velocidade e direção dos ventos e o tipo de céu para simular um dia de projeto". Assim, o dia típicos de verão de 07 de setembro e de inverno de 26 de julho foram escolhidos por apresentarem características climáticas mais críticas de acordo com a semana típica de verão e inverno determinada pelo *DesignBuilder*.

De acordo com os critérios da NBR 15575 (2013), para o verão foram selecionados os apartamentos 602 do edifício "A", denominado A- oeste, e 6016 do edifício "B", denominado B- norte, já para o inverno foram simulados os apartamentos 6019 do edifício "A", denominado A- leste, e 603 do edifício "B", denominado B- sul.

Figura 5 – Modelagem de uma Unidade habitacional padrão no programa *DesignBuilder*



Fonte: As autoras

Foram simulados quatro cenários para verão e um para inverno variando as configurações de ventilação e de sombreamento das aberturas. Nos cenários foram simulados os ambientes de permanência prolongada (sala e dormitórios) e não foi considerada a presença de fontes internas de calor. Não foi considerado o possível sombreamento entre os edifícios A e B, devido a sua proximidade e a posição entre si, pois a norma NBR 15.575 (2013) não considera a influência do entorno no desempenho térmico da envoltória da edificação. Seguem a descrição dos cenários analisados:

- Cenário 1: simulação de verão, em condição padrão de ventilação (1ren/h), sem sombreamento (exposta);
- Cenário 2: simulação de verão, em condição ventilada (5ren/h), sem sombreamento (exposta);
- Cenário 3: simulação de verão, em condição padrão de ventilação (1ren/h), com sombreamento (protegida ao menos 50%);
- Cenário 4: simulação de verão, em condição ventilada (5ren/h), com sombreamento (fachada protegida ao menos 50%); e
- Cenário 5: simulação de inverno, em condição padrão de ventilação (1ren/h), sem sombreamento (exposta).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados de avaliação de desempenho térmico tanto pelo procedimento simplificado, como pela simulação computacional.

3.1 Procedimento simplificado

Após a obtenção dos resultados de resistência térmica de cada componente, foram calculados, conforme NBR 15220 (2005), a resistência térmica de ambiente a ambiente (RT), a transmitância térmica (U), a absorção à radiação solar da superfície externa (α) e a capacidade térmica (CT) das paredes externas. Para a cobertura foram avaliadas essas mesmas propriedades térmicas das paredes, com exceção da capacidade térmica. Os resultados da avaliação das paredes externas e coberturas são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados da avaliação das paredes externas e coberturas

Elementos construtivos	Resistência térmica de superfície a superfície (RT) -(m ² .K)/W	Resistência térmica de ambiente a ambiente (RT) -(m ² .K)/W	Transmitância térmica (U) - W/(m ² .K)	Absorção à radiação solar da superfície externa da parede - DesignBuilder - (α)	Capacidade térmica (CT) - KJ/(am ² .K)
Parede Padrão 1	0,16	0,33	3,01	0,60	281,88
Parede Padrão 2	0,15	0,32	3,10	0,60	255,08
Parede Padrão 3	0,32	0,49	2,04	0,60	284,48
Cobertura	0,48	0,69	1,45	0,40	

Observa-se que as paredes externas atendem aos critérios estabelecidos pela NBR 15575 (2013) para os critérios de transmitância térmica (Zona 4 - Para $\alpha \leq 0,6$ a $U \leq 3,7$) e capacidade térmica (Zona 4 - $CT \geq 130$). A cobertura também atende aos critérios de transmitância térmica (Zona 4 - Para $\alpha \leq 0,6$ a $U \leq 2,3$) estabelecidos pela normativa.

Os resultados da avaliação das aberturas para ventilação são apresentados na Tabela 6. Observa-se que todos os ambientes analisados da unidade habitacional atendem a porcentagem de área de abertura de efetiva ventilação mínima em relação ao piso do ambiente (A) estabelecida pela NBR 15575 (2013) de $A \geq 7\%$. Portanto, de acordo com os critérios da norma, a unidade habitacional apresenta aberturas nas fachadas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

Tabela 6 – Resultados da avaliação das aberturas para ventilação

Ambientes de permanência prolongada	Área de piso (AP) - m ²	Área efetiva de ventilação (AA)	Abertura para ventilação (A) - %	Zona 4 - Aberturas médias - Mínimo A $\geq 7\%$
Sala	20,23	1,58	7,79	ok
Cozinha	7,60	0,72	9,47	ok
Quarto	10,64	0,90	8,46	ok
Suíte	12,62	0,90	7,13	ok

3.2 Método de simulação computacional

Nos Cenários 1 e 2, os ambientes que não atenderam aos requisitos de desempenho térmico para o verão tanto para a taxa de ventilação 1ren/h, quanto para a de 5ren/h, foram o quarto e suíte do edifício A, conforme resultados apresentados nas Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7 – Resultados da simulação Cenário 1 (verão, sem sombreamento, 1ren/h)

Unidade Habitacional	A - oeste			B - norte		
	Ambiente	quarto	sala	Suíte	quarto	sala
Temperatura máxima interna	27,66	25,88	29,05	27,06	26,38	27,18
Temperatura externa	27,55	27,55	28,25	27,55	27,55	28,25
Avaliação	Rep.	Apr.	Rep.	Apr.	Apr.	Apr.

Apr. = Aprovado ($T_i \text{ max} \leq T_e \text{ max}$)

Rep. = Reprovado ($T_i \text{ max} > T_e \text{ max}$)

Tabela 8 – Resultados da simulação Cenário 2 (verão, sem sombreamento, 5ren/h)

Unidade Habitacional	A - oeste			B - norte		
	Ambiente	quarto	sala	Suíte	quarto	sala
Temperatura máxima interna	27,65	25,84	29,05	27,05	26,35	27,17
Temperatura externa	27,55	27,55	28,25	27,55	27,55	28,25
Avaliação	Rep.	Apr.	Rep.	Apr.	Apr.	Apr.

Apr. = Aprovado ($T_i \text{ max} \leq T_e \text{ max}$)

Rep. = Reprovado ($T_i \text{ max} > T_e \text{ max}$)

Nos Cenários 3 e 4, com a condição das aberturas sombreadas, a suíte do edifício A foi o único ambiente que apresentou reprovação quanto aos requisitos de desempenho térmico para o verão tanto para a taxa de ventilação 1ren/h, quanto para a de 5ren/h, conforme resultados apresentados na Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9 – Resultados da simulação Cenário 3 (verão, com sombreamento, 1ren/h)

Unidade Habitacional		A - oeste			B - norte		
Ambiente		quarto	sala	Suite	quarto	sala	suite
Temperatura máxima interna		27,26	25,21	29,29	26,46	25,96	26,71
Temperatura externa		27,55	27,55	28,90	28,90	27,55	28,90
Avaliação		Apr.	Apr.	Rep.	Apr.	Apr.	Apr.

Apr. = Aprovado ($T_i \text{ max} \leq T_e \text{ max}$)

Rep. = Reprovado ($T_i \text{ max} > T_e \text{ max}$)

Tabela 10 – Resultados da simulação Cenário 4 (verão, com sombreamento, 5ren/h)

Unidade Habitacional		A - oeste			B - norte		
Ambiente		quarto	sala	Suite	quarto	sala	suite
Temperatura máxima interna		27,24	25,18	29,29	26,45	25,93	26,71
Temperatura externa		27,55	27,55	28,90	28,90	27,55	28,90
Avaliação		Apr.	Apr.	Rep.	Apr.	Apr.	Apr.

Apr. = Aprovado ($T_i \text{ max} \leq T_e \text{ max}$)

Rep. = Reprovado ($T_i \text{ max} > T_e \text{ max}$)

Na Figura 6 é apresentada a variação de temperatura ao longo do dia da suíte nos cenários de verão do edifício A, já a Figura 7 é apresentada essa análise nos cenários de verão do edifício B. Observa-se que tanto para o edifício A, como para o edifício B nos cenários de verão houve pouca influência da variação da taxa de ventilação de 1ren/h para 5ren/h na redução de temperatura do ambiente, já foi possível observar uma redução de temperatura ao considerar a condição de sombreamento das aberturas ao longo do dia (cenários 3 e 4). Ressalta-se na Figura 6 e na Figura 7 a ocorrência da sobreposição entre as curvas dos cenários 1 e 2, bem como entre as dos cenários 3 e 4 denotam um comportamento térmico similar entre esses cenários.

Figura 6 – Variação de temperatura por hora do dia da suíte A-oeste nos cenários de verão

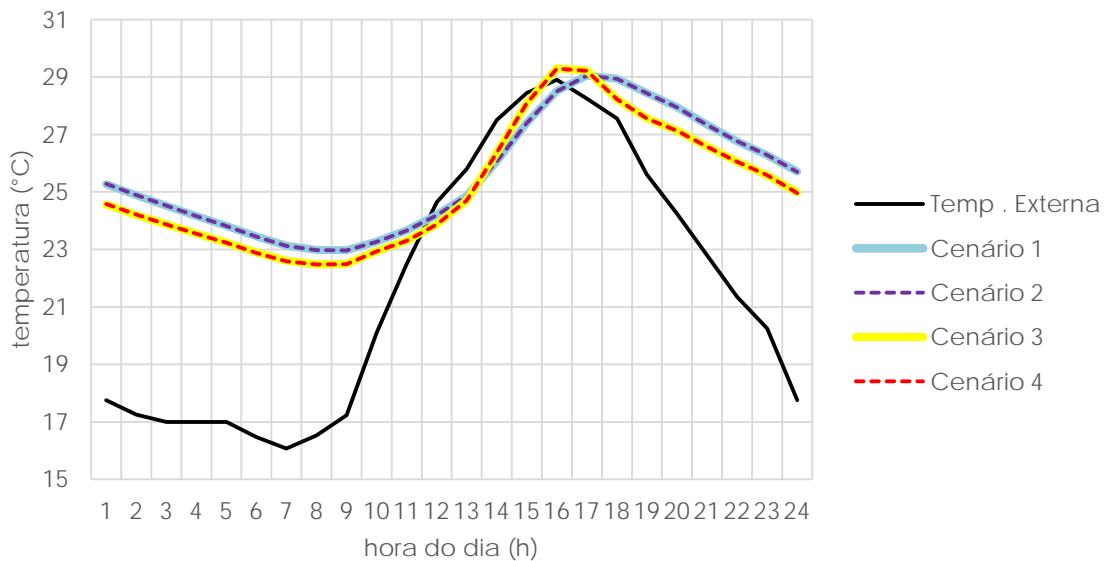
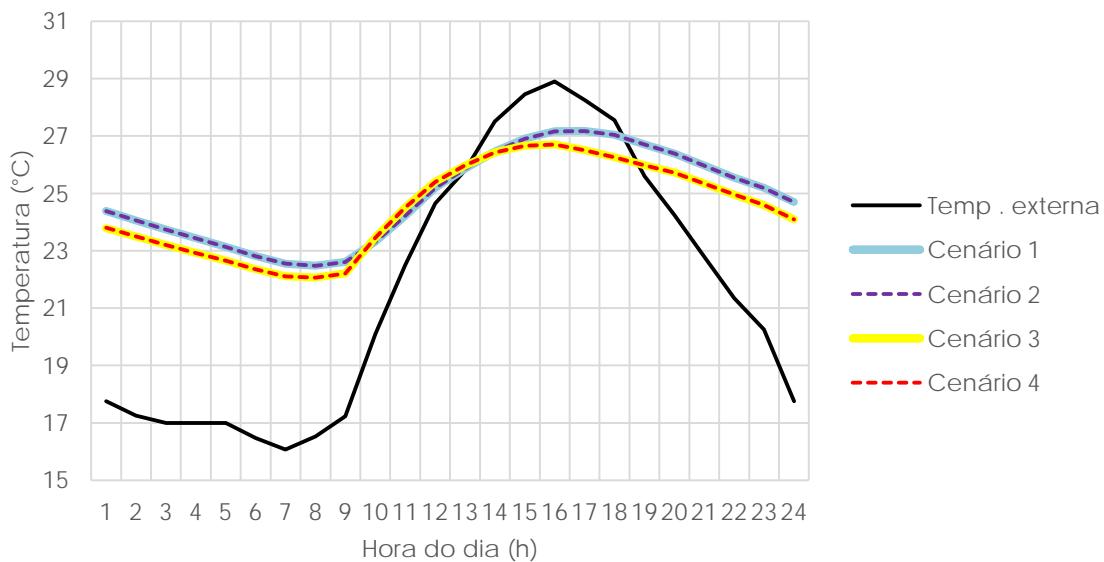
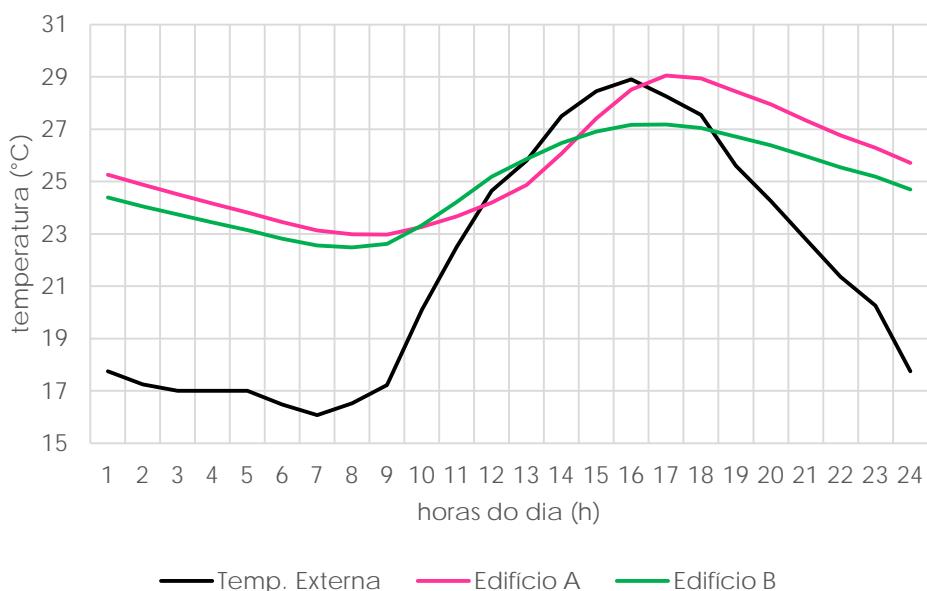


Figura 7 – Variação de temperatura por hora do dia da suíte B - norte nos cenários de verão



Na Figura 8 é apresentada a variação de temperatura ao longo do dia da suíte dos dois edifícios no Cenário 1. Nota-se que a suíte do apartamento do edifício A correspondente à fachada oeste apresenta temperaturas internas superiores às da suíte do edifício B, exposta à fachada norte, chegando a diferença de 1,88°C.

Figura 8 – Variação de temperatura por horas do dia da suíte no Cenário 1 (verão, sem sombreamento, 1ren/h)



Na simulação do Cenário 5 todos os ambientes dos apartamentos analisados do edifício A e B foram aprovados quanto aos requisitos de desempenho térmico para o inverno, conforme resultados apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados da simulação Cenário 5 (inverno, sem sombreamento, 1ren/h)

Unidade Habitacional	A-leste			B-sul		
	Ambiente	quarto	sala	suíte	quarto	sala
Temperatura mínima interna	19,37	19,70	18,00	18,81	19,67	17,79
Temperatura externa	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85	10,85
Avaliação	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.

Apr. = Aprovado ($T_i \text{ min} \geq T_e \text{ min} + 3^\circ\text{C}$)

Rep. = Reprovado ($T_i \text{ min} < T_e \text{ min} + 3^\circ\text{C}$)

O desempenho térmico insatisfatório apenas da suíte do Edifício A em todos os cenários de verão e a aprovação dos resultados da suíte do edifício B nesses cenários demonstram a influência de diferentes implantações na avaliação de desempenho térmico do edifício. A reprovação da suíte do edifício A mesmo no Cenário 4 de verão, cujas diretrizes de simulação são mais brandas, poder estar associado a esquadria tipo pele de víscera de piso ao teto e estar exposta à radiação solar incidente na fachada oeste.

Ressalta-se ainda que essa reprovação no procedimento de simulação computacional e a correspondente aprovação pelo método simplificado demonstra a falta de similaridade e inconsistência entre os resultados dos dois métodos previstos na norma, como também já observado no trabalho de Sorgato *et al.* (2014). O desempenho obtido pelo método simplificado não

pode ser superior ao desempenho obtido pelo método de simulação, "caso contrário, pode ser aprovado um projeto que não apresente o desempenho mínimo necessário" (CHVATAL, 2014, p. 120).

O método simplificado avalia apenas a envoltória opaca e como as edificações habitacionais analisadas apresentam parcela considerável de sua fachada composta por fechamentos transparentes, observa-se que, no caso analisado, esse método não conseguiu avaliar com eficácia o comportamento térmico do edifício. No caso de habitações de interesses social, como apresentado por Chvatal (2014), a envoltória opaca é um elemento de grande impacto, mas a NBR 15.575 abrange diversas tipos de habitações com características distintas. Diante dessa problemática do método, uma possível solução "seria limitar o procedimento simplificado a habitações com características padrão, ou incluir nele outros parâmetros-chave que influenciam o desempenho, de modo que ele se torne mais completo" Chvatal (2014, p.129).

4 CONCLUSÕES

A partir da avaliação de desempenho térmico, foi observado que ambos os edifícios seriam aprovados nos requisitos do procedimento simplificado, não sendo necessário segundo a norma o estudo do método de simulação computacional, porém nesta segunda análise o edifício A, exposto a fachada oeste, seria reprovado. Apesar de se propor a identificar de forma rápida a adequação dos componentes construtivos em determinadas condições ambientais, o procedimento simplificado mostrou-se limitado ao avaliar padrões habitacionais onde a proporção de fechamentos transparentes é representativa.

Além de não considerar a avaliação dos fechamentos transparentes, esquadrias e panos de vidro, uma vez que considera apenas a transmitância e capacidade térmica dos fechamentos opacos (vedações e coberturas) em sua avaliação, o procedimento simplificado ainda não considera a proporção de cada elemento avaliado em relação à envoltória. Assim, não se pode avaliar a representatividade daquele elemento, bem como sua influência no desempenho térmico. O procedimento também não considera a implantação do edifício e a orientação solar das unidades habitacionais.

Diferentemente do procedimento simplificado, o método de simulação possibilitou avaliar a influência tanto das propriedades térmicas dos materiais e suas proporções na composição da envoltória, quanto da incidência solar sobre as mesmas em virtude da rotação dos edifícios. A análise dos cenários simulados demonstrou que há variação da aprovação nos critérios estipulados na norma conforme orientação da edificação e que a condição de sombreamento influenciou mais a redução da temperatura do ambiente do que o aumento da taxa de renovação de ar.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa Institucional de Incentivo à Participação em Eventos Científicos e Tecnológicos para Servidores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (PIPECT/IFG) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1. Edifícios habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005

BONIN, Luis Carlos. **Prefácio**. In: FABRÍCIO, Márcio Minto; ONO, Rosaria (Orgs.). Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários. Porto Alegre: ANTAC, 2015. ISBN 978-85-89478-42-7.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

CHVATAL, Karin M. S.; RORIZ, Victor F. **Avaliação do desempenho térmico de habitações segundo a ABNT NBR 15575**. In: FABRÍCIO, Márcio Minto; ONO, Rosaria (Orgs.). Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários. Porto Alegre: ANTAC, 2015. ISBN 978-85-89478-42-7.

COSTA, Lucio. **Brasília Revisitada**. Anexo I do Decreto nº 10.829/1987 – GDF e da Portaria nº 314/1992 – Iphan. Brasília, 1987.

GDF – Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Manual Verde Plano de Gestão Ambiental de Implantação- Setor Habitacional Noroeste**. Brasília: Terracap, 2009.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575. **Paranoá**, Brasília, no 12, p. 13-22, 2014.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 Para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.