

Nº 176935

Padronização de procedimentos para simulação de desempenho térmico

Luciana Alves de Oliveira

*Live realização na Reunião GT-SINAT/CTech-PBQP-H,
2020,SãoPaulo*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

Padronização de procedimentos para simulação de desempenho térmico

Luciana A. de Oliveira
Engenheira Civil, Dra
luciana@ipt.br
LCSC/ CETAC/IPT

1

Sumário

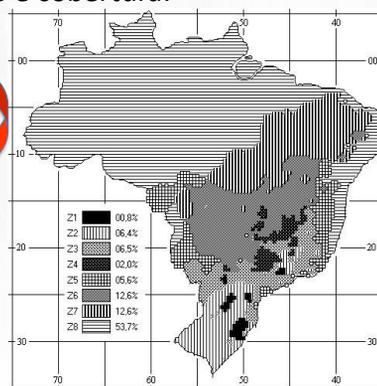
- Contexto / problemática
- Publicação FINEP- Rede Inovatec
- Sugestão de aprimoramentos

2

Desempenho térmico

• Avaliação

- Método simplificado:
 - características térmicas da parede e cobertura:
 - Transmitância térmica (U)
 - Capacidade térmica (CT)
- Método detalhado /Simulação
 - Projeto arquitetura
 - Areas envidraçadas
 - Pé-direito
 - Localização no terreno



• Medição *in loco*

3

Contexto / problemática

1

- Existem avaliações para **03** diferentes cenários:
 - Avaliação de desempenho térmico de **edificação existente**
 - Avaliação de **edificação a ser construída** em um determinado terreno
 - Avaliação do potencial de um sistema construtivo ser adequado a um clima local

SiNAT - DATec

4

Contexto / problemática

2

- Os resultados de simulação computacional para avaliar desempenho térmico de edificações são muito “sensíveis” aos dados de entrada:
 - Temperatura do solo
 - Temperatura média ou crítica da cidade da região climática considera
 - Implantação no terreno
 - Direção e velocidade do vento
 - Áreas de ventilação, pé-direito da edificação, tipo de parede e cobertura
 - Fontes de calor interna
 - Zoneamento climático: definição de cidades representativas
 - edifícios com desempenho térmico diferente em cidades na mesma zona bioclimática

5

Contexto / problemática

3

Horário (h)	Exterior (°C)	'Pesado' (°C)	'Leve' (°C)
1	24.0	27.5	26.0
2	23.5	27.2	25.0
3	23.0	27.0	24.0
4	22.8	27.0	23.5
5	23.0	27.0	23.0
6	23.5	27.2	23.0
7	24.5	27.5	23.5
8	26.0	27.5	24.0
9	27.5	27.5	24.5
10	29.0	27.8	25.5
11	30.5	28.0	26.5
12	31.5	28.2	27.5
13	32.0	28.2	28.5
14	32.0	28.2	29.5
15	31.5	28.2	30.5
16	30.5	28.2	31.0
17	29.5	28.2	31.5
18	28.5	28.2	31.0
19	27.5	28.0	30.0
20	26.5	27.8	29.0
21	25.5	27.8	28.0
22	24.5	27.8	27.0
23	24.0	27.8	26.5
24	24.5	27.8	26.0

Exemplo de resposta térmica de recinto com sistema construtivo leve (à esquerda) e sistema construtivo pesado (à direita), em um dia típico de verão na cidade de São Paulo

Implicação 1: sistemas construtivo leve mais sensível às variações do ambiente. Ele acompanha as variações que ocorrem na temperatura do ar exterior, apresentando a mesma ordem de grandeza desta em recinto com baixa inércia térmica. Por outro lado, com o sistema pesado, há um significativo amortecimento na amplitude diária da temperatura do ar interior em comparação com a amplitude do ar exterior, comportamento típico de recintos com alta inércia térmica

6

Contexto / problemática

4



Implicação 2 : sistemas construtivos **similares** com resultados de **desempenho térmico diferentes** o que gera configurações diferentes, dúvidas do setor e concorrências não homogêneas

7

Criação da Rede Inovatec – âmbito FINEP
Apoio PBQP-H + Caixa

8

Livro FINEP – Trabalho da rede Inovatec

- Por demanda do PBQP-H à FINEP, a **Rede INOVATEC** de pesquisa foi concebida e implantada com o **objetivo de desenvolver e aprimorar critérios de desempenho e métodos de avaliação de sistemas construtivos**, de forma a subsidiar diretrizes de avaliação técnica no SINAT. (definida no ano de 2011, conforme edital 07/2009 da Finep – Inovação e Pesquisa).
- Resultados das pesquisas foram apresentados em um **SEMINÁRIO** de conclusão, com a participação das instituições da rede, de representantes da FINEP, do PBQP-H, de ITA's e outras instituições convidadas.
- Parte desses resultados também foram compilados em livros organizados segundo os subprojetos da pesquisa.
- Os resultados dos trabalhos na área de **desempenho térmico** constam da publicação **“Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação”**, de 2017, que pode ser encontrada no link:
http://editorascienza.com.br/pdfs/usp/978_85_5953_029_2_completo.pdf

9

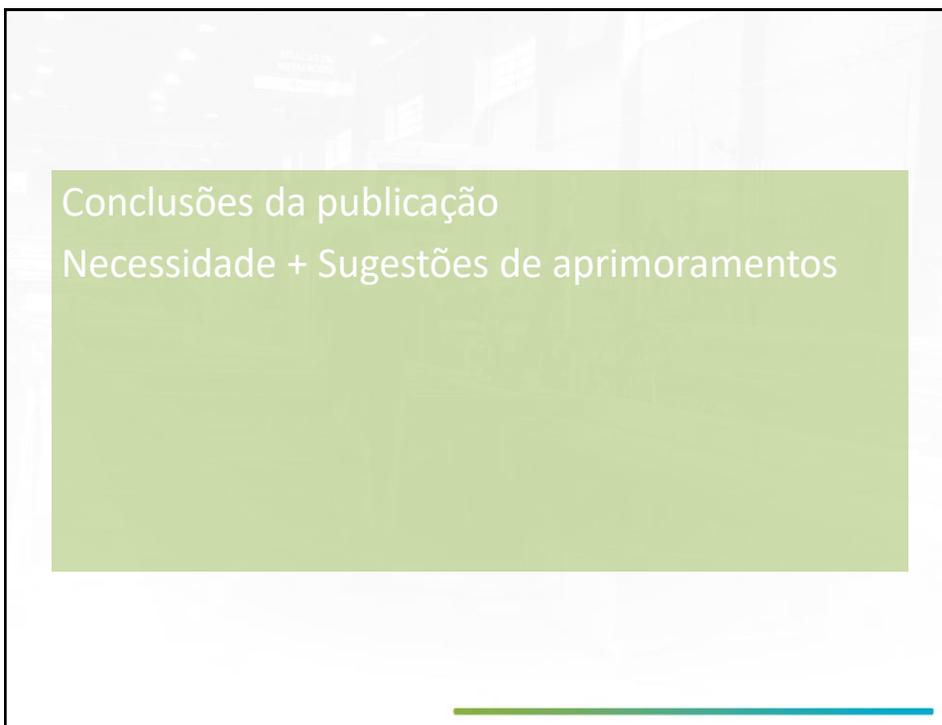
Livro FINEP – Trabalho da rede Sibratec

“Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação”,

- **Capítulo 2** - necessidade de revisão dos métodos de avaliação do desempenho térmico de edificações, no âmbito da ABNT NBR 15575 e do SINAT;
- **Capítulo 3** - “Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações (NBR 15575 e SINAT) pelo **Método Simplificado**”;
- **Capítulo 4** - “Proposta de Procedimentos para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações (NBR 15575 e SINAT) pelo **Método Detalhado de Simulação**”.



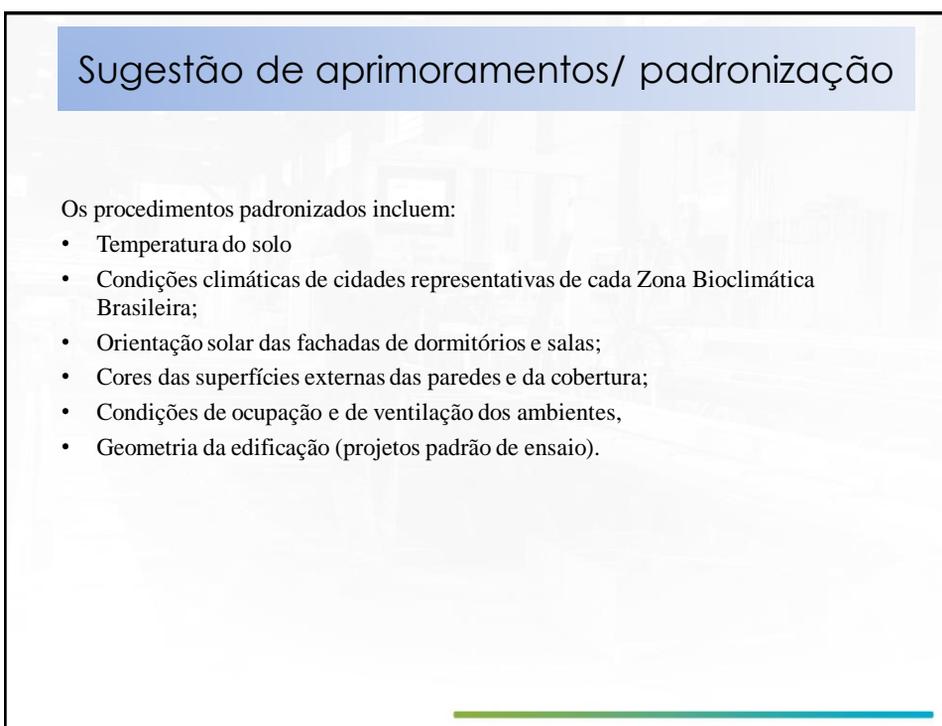
10



Conclusões da publicação

Necessidade + Sugestões de aprimoramentos

11



Sugestão de aprimoramentos/ padronização

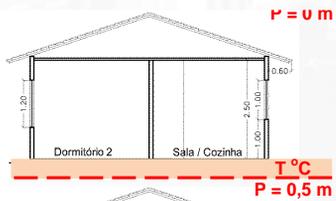
Os procedimentos padronizados incluem:

- Temperatura do solo
- Condições climáticas de cidades representativas de cada Zona Bioclimática Brasileira;
- Orientação solar das fachadas de dormitórios e salas;
- Cores das superfícies externas das paredes e da cobertura;
- Condições de ocupação e de ventilação dos ambientes,
- Geometria da edificação (projetos padrão de ensaio).

12

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

1) Temperatura do solo



Adotar valores da temperatura média mensal do ar para compor valores da temperatura do solo com 50cm de profundidade.

Cidade	Dia típico de verão		Dia típico de inverno	
	Dia do ano	Temp. média mensal do solo - prof. 50 cm*	Dia do ano	Temp.média mensal do solo - prof. 50 cm*
Belém	15/fev.	25,7	-	-
Belo Horizonte	15/fev.	23,0	15/jul.	20,0
Boa Vista	15/set.	28,6	-	-
Brasília	15/set.	21,5	15/jul.	19,0
Campo Grande	15/jan.	25,8	-	-
Curitiba	15/fev.	20,8	15/jun.	15,1
Florianópolis	15/fev.	24,1	15/jul.	17,0
Fortaleza	15/jan.	27,3	-	-
Manaus	15/set.	26,7	-	-
Porto Velho	15/out.	25,7	-	-
Recife	15/mar.	28,2	-	-
Rio de Janeiro	15/fev.	26,5	-	-
Salvador	15/fev.	24,5	-	-
São Paulo	15/fev.	21,4	15/jul.	17,8

13

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

2) Dias típicos de projeto das Zonas Bioclimáticas 2 e 5

Zona Bioclimática	Cidade	Dia Típico	Temp. máxima diária (°C)	Amplitude diária da temp. do ar (°C)	Temp. de bulbo úmido (°C)	Radiação solar global - plano horizontal (Wh/m²)	Temp. média mensal do solo em prof. de 50 cm	Dia do ano
2	São Lourenço - MG	Verão	31,8	11,7	21,6	5307	23,4	15/fev
		Inverno	19,2	16,6	14,0	3595	16,2	15/jul
5	Vitória da Conquista - BA	Verão	31,7	10,3	21,0	5030	21,9	15/fev
		Inverno	20,4	9,7	15,1	4110	20,5	15/jul

14

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

3) Dados climáticos de cidades para avaliações no SINAT

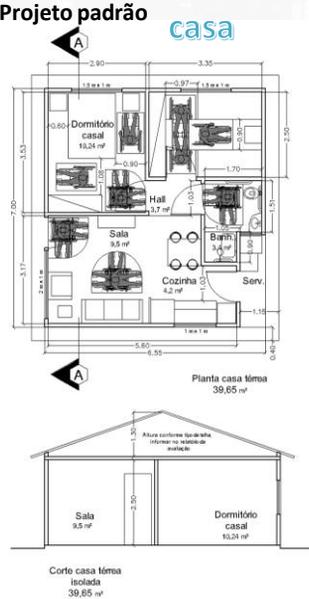
Período	Zona Biocl.	Cidade	UF	Dia do ano	Temp. do solo - prof. 50 cm (°C)	Temp. Máx. Bulbo Seco (°C)	Amplitude diária da temp. do ar (°C)	Temp. Bulbo Úmido (TBS Máx.) (°C)	Radiação solar global incidente no plano horizontal (kW/m²)
Verão	1	Curitiba	PR	15/fev	20,8	31,4	10,2	21,3	2,77
	2	São Lourenço	MG	15/fev	23,4	31,8	11,7	21,6	5,30
	3	São Paulo	SP	15/fev	21,4	31,9	9,2	21,3	5,18
		Florianópolis	SC	15/fev	24,1	32,7	6,6	24,4	5,73 ^a
	4	Brasília	DF	15/set	21,5	31,2	12,5	20,9	4,62
	5	Vitória da Conquista	BA	15/fev	21,9	31,7	10,3	21,0	5,03
	6	Cuiabá	MT	15/out	25,7	37,8	12,4	24,8	4,97
	7	Campo Grande	MG	15/jan	25,8	33,6	10	23,6	5,48
8	Manaus	AM	15/set	26,7	34,9	9,1	26,4	5,18	
	Recife	PE	15/mar	28,2	31,4	7,4	24,7	5,10	
Inverno	1	Curitiba	PR	15/jun	15,1	12,3	11,6	11	1,66
	2	São Lourenço	MG	15/jul	16,2	19,2	16,6	14,0	3,59
	3	São Paulo	SP	15/jul	17,8	16,2	10	13,4	4,42
		Florianópolis	SC	15/jul	17,0	13,4	7,4	13,4	2,74 ^a
	4	Brasília	DF	15/jul	19,0	22,2	12,2	14,8	4,25
5	Vitória da Conquista	BA	15/jul	20,5	20,4	9,7	15,1	4,11	

Evitar desempenho térmico diferentes em cidades na mesma zona bioclimática

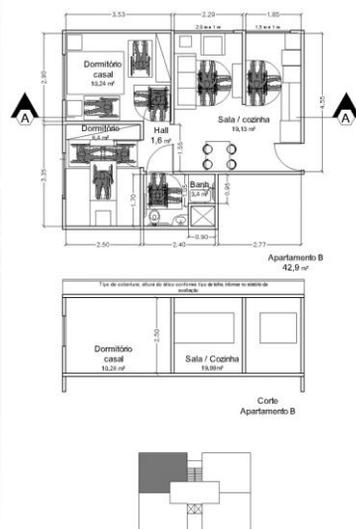
15

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

4) Projeto padrão



apartamento



16

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

4) Características dos ambientes para simulação

- Ambiente sala e ambiente dormitório com janela voltada para a **direção Oeste** e uma parede para Norte, no período de verão. No período de inverno, a janela deve ser voltada para a direção Sul e uma parede para Leste;
- As simulações são realizadas para os dois ambientes, sala e dormitório, posicionados individualmente na situação mais crítica
- Ocupação: sem a presença de pessoas, equipamentos e iluminação,
- Sombreamento das janelas
- Quantidade de renovação de ar por hora
- Sem uso de veneziana

17

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

4) Informações básicas do relatório da avaliação

- a) Projeto arquitetônico da edificação, incluindo plantas, cortes e vistas.
- b) Descrição do sistema construtivo e da edificação considerada (paredes, cobertura, pisos, janelas, portas.) destacando detalhes das paredes, de seus componentes e revestimentos, cor da cobertura, pé direito, área envidraçada na fachada em relação à área de piso dos ambientes
- c) Propriedades térmicas e físicas dos materiais, que compõem o sistema construtivo, como condutividade térmica, calor específico, massa específica e emissividade das superfícies;
- d) Descrição do método utilizado na avaliação (ABNT, 2013);
- e) Apresentação de tabelas com os resultados do atendimento dos critérios referentes aos níveis de desempenho térmico da habitação no período de verão e no período de inverno.
- f) Indicação das cores que representam os níveis de desempenho térmico.
- g) Indicação do resultado final da avaliação em uma tabela com o resumo de todas as condições que proporcionam o atendimento dos níveis de desempenho.
- h) Conclusão com a indicação clara do atendimento ou não dos critérios referentes aos níveis de desempenho térmico constantes na norma.
- i) Assinatura de um responsável técnico.

18

Sugestão de aprimoramentos/ padronização

4) Resultados

Valores temperatura
na tabela
para
permitir
comparação

Tabela 4.1 – Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no verão

Zona Bioclimática	Temp. máx.ar ext.	Cor da parede ext.	Dormitório / Condição				Sala / Condição			
			CP	Somb.	Vent.	Somb + Vent	CP	Somb.	Vent.	Somb + Vent
X	Valor	Clara	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
		Média	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
		Escura	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
...	Valor	Clara	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
		Média	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
		Escura	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor

Legenda:

Vermelho: nível de desempenho térmico abaixo do "Mínimo";

Amarelo: nível de desempenho térmico "Mínimo";

Verde: nível de desempenho térmico "Intermediário";

Azul: nível de desempenho térmico "Superior".

Tabela 4.2 – Resultados da avaliação do desempenho térmico da edificação no inverno

Zona Bioclimática	Temp. máx.ar ext.	Cor da parede ext.	Dormitório / Condição	Sala / Condição
			CP	CP
I	Valor	Clara	valor	valor
		Média	valor	valor
		Escura	valor	valor
...	Valor	Clara	valor	valor
		Média	valor	valor
		Escura	valor	valor

Legenda:

Vermelho: nível de desempenho térmico abaixo do "Mínimo";

Amarelo: nível de desempenho térmico "Mínimo";

Verde: nível de desempenho térmico "Intermediário";

Azul: nível de desempenho térmico "Superior".

19

Conclusões

1. Sugestões adequam-se ao SINAT Inovador e convencional
2. Adotar os procedimentos padrão da publicação da Rede Inovatec - Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação”, de 2017, que pode ser encontrada no link:
http://editorascienza.com.br/pdfs/usp/978_85_5953_029_2_completo.pdf
3. Procedimentos tanto para o método simplificado quanto para o método detalhado (simulação)
4. Incorporação nos novos DATEC’s e nas renovações de DATEC’s
5. Norma de desempenho - em revisão, quando publicada a revisão, faz-se atualização dos procedimentos como foram feitos com as Diretrizes SINAT

20



21