



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA**



**INFLUÊNCIA DO SOLO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES COM
CÔMODOS SUBTERRÂNEOS**

**Ouro Preto - MG
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA**



Bruna Cristina Resende

INFLUÊNCIA DO SOLO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES COM CÔMODOS SUBTERRÂNEOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil; Área de Concentração: Construção Metálica; Linha de Pesquisa: Arquitetura e Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes

**Ouro Preto - MG
2017**

R433i

Resende, Bruna Cristina.

Influência do solo no desempenho térmico de habitações com cômodos subterrâneos [manuscrito] / Bruna Cristina Resende. - 2017.

244f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza.

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Metálica.

1. Conforto térmico - Edificações. 2. Programas de computador - EnergyPlus. 3. Mecânica do solo - Temperatura. I. Souza, Henor Artur de. II. Gomes, Adriano Pinto. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 624.014

Catálogo: www.sisbin.ufop.br

INFLUÊNCIA DO SOLO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES COM CÔMODOS SUBTERRÂNEOS

AUTORA: BRUNA CRISTINA RESENDE

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 18 de agosto de 2017, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Hênor Artur de Souza, D. Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Luiz Joaquim Cardoso Rocha, D. Sc. – UFOP



Prof. Adriano Pinto Gomes, D. Sc. – IFMG



Prof. Joyce Correna Carlo, D. Sc. – UFV

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Henor pela dedicação, orientação e confiança depositada ao longo desses anos de aprendizado. Ao Professor Adriano pela orientação, ensinamentos e disponibilidade durante todo o processo de desenvolvimento deste estudo.

À Universidade Federal de Ouro Preto, ao PROPEC, aos professores e a todos que colaboraram para a concretização desta pesquisa.

À minha família por toda a dedicação e pelo incentivo dado desde o início desta caminhada. Ao João, pela compreensão e respeito.

À Profa. Joyce Correna Carlo e ao Prof. Luiz Joaquim Cardoso Rocha por participarem da banca, contribuindo para a melhoria da versão final desta dissertação.

Aos colegas do mestrado. Foram os bons momentos vividos ao lado de vocês que fizeram valer as muitas idas e vindas à Ouro Preto.

A minha eterna República Namoradeiras e a todas as moradoras pelo carinho e por me acolherem em Ouro Preto diversas vezes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida durante o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

Dentre os diversos fatores que interferem no desempenho térmico das edificações, a temperatura do solo nem sempre é considerada nas avaliações de desempenho térmico. Entretanto, a temperatura do solo é um fator que influencia o resultado final das trocas de calor dos ambientes, principalmente em edificações térreas. Desta forma, faz-se necessário avaliar esta influência devido à interação do solo com as paredes e piso de uma edificação, pois a transferência de calor através desses elementos tem uma extensão significativa na carga térmica total de uma edificação térrea. Além disso, em função do caráter tridimensional e transiente dos processos de troca de calor envolvendo o solo, a abordagem numérica torna-se uma ferramenta importante na análise do desempenho térmico das edificações. Neste contexto, o programa *EnergyPlus* surge como uma alternativa para a obtenção de tais resultados, principalmente por meio do pré-processador *Basement*. Diante dessas considerações, neste trabalho avalia-se os resultados fornecidos por meio das simulações realizadas no programa *EnergyPlus*, levando-se em consideração o efeito do processo de transferência de calor através do piso e paredes subterrâneos numa residência. A análise das alternativas de modelagem existente no programa mostra que o módulo *Basement* apresenta uma formulação mais sofisticada que, dentre as opções de simulação encontradas no *EnergyPlus*, gera valores de temperatura da interface piso/paredes e solo de forma mais precisa. Os resultados ainda indicam que o uso de outras alternativas de modelagem, no lugar do *Basement*, gera uma diferença significativa nos resultados encontrados para a temperatura interna do porão, alcançando um valor máximo de 1,9°C, no verão, e 1,4°C, no inverno. Verifica-se também a influência de alguns parâmetros nos resultados finais de desempenho térmico a partir da variação de alguns dados de entrada. Os resultados destas análises apontam que a variação do tipo de solo é capaz de alterar a temperatura interna do ambiente em até 0,4°C. Além disso, o material de isolamento das paredes e piso do ambiente subterrâneo é capaz de manter a temperatura do ambiente interno mais elevada em até 0,5°C em relação ao ambiente externo.

Palavras-chave: Desempenho Térmico de edificações, *EnergyPlus*, Pré-processador *Basement*, Análise Térmica de Subsolos, Temperatura do solo.

ABSTRACT

Among the several factors that interfere in the thermal performance of buildings, soil temperature is not always considered in the thermal performance evaluations. However, the soil temperature is a factor that influences the final result of the environments heat exchanges, mainly in earth sheltered buildings. In this way, it is necessary to evaluate this influence due to the interaction of the soil with the buildings walls and floors, since the heat transfer through these elements has a significant extension in the total thermal load of a building. In addition, due to the three-dimensional and transient character of the heat exchange processes involving the ground, the numerical approach becomes an important tool in the analysis of buildings thermal performance. In this context, EnergyPlus appears as an alternative to obtain such results, mainly through the Basement preprocessor. Take these into consideration, this work evaluates the results provided by the simulations carried out in the EnergyPlus program, taking account the effect of the heat transfer process through the floor and underground walls in a residence. The analysis of the modeling alternatives in the program showed that the Basement preprocessor works correctly and presents a more sophisticated formulation that, among the simulation options found in EnergyPlus, generates temperature values of the floor/walls and soil interface more precisely. The results also indicated that, for an unconditioned basement, the use of other modeling alternatives, in place of the Basement, generates a great difference in the results found for a basement internal temperature, reaching a maximum value of 1,9°C, in the summer , and 1,4°C, in winter. It was also verified the influence of some parameters on the final results of a thermal performance from the variation of some input data. The results of these analyzes indicated that the variation of the soil thermophysical properties is able to alter the internal temperature of the environment up to 0,4°C. Besides, the insulation material of the underground environment walls and floors was able to keep the internal ambient temperature higher up to 0,5°C in relation to the external environment.

Keywords: Thermal Performance of Buildings, EnergyPlus, Basement Pre-processor, Basement Thermal Analysis, Soil Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Exemplo da superfície do cômodo subterrâneo no módulo <i>Basement</i> . ..	42
Figura 3.1: Detalhe da malha não uniforme para locais cobertos por grama.	54
Figura 3.2: Possível domínio de simulação que inclui tubos de trocador de calor e uma zona do cômodo subterrâneo.	59
Figura 3.3: Visualização de domínio para o procedimento de desenvolvimento de malha.	60
Figura 3.4: Principais componentes de fluxo de calor para o modelo de copa da planta.	63
Figura 3.5: Balanço de calor da superfície.	70
Figura 3.6: Domínio computacional do modelo de Cogil.	79
Figura 3.7: Fluxo de calor por convecção na célula.	79
Figura 4.1: Planta baixa esquemática do objeto de estudo.	99
Figura 4.2: Corte AA.	100
Figura 4.3: Perspectivas do modelo.	100
Figura 4.4: Zonas simuladas da edificação analisada.	101
Figura 4.5: Isolamento da fundação com painéis de Poliestireno Expandido.	104
Figura 5.1- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1.	111
Figura 5.2- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 7.	111
Figura 5.3- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1.	113
Figura 5.4- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 7.	114
Figura 5.5- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1.	115
Figura 5.6- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 7.	116
Figura 5.7- Evolução temporal da temperatura interna para um dia típico de verão – Zona 1.	116

Figura 5.8- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1.	118
Figura 5.9- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 7.	118
Figura 5.10- Evolução temporal da temperatura interna para um dia típico de inverno – Zona 1.	119
Figura 5.11- Diferença de temperatura média entre a face interna e externa das paredes do porão.	121
Figura 5.12- Diferença de temperatura média entre a face interna e externa do piso do porão.	122
Figura 5.13- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1 e Zona 7.	123
Figura 5.14- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1 e Zona 7.	125
Figura 5.15- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão.	126
Figura 5.16- Variação da temperatura interna ao longo do dia para um dia típico de verão.	127
Figura 5.17- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno.	128
Figura 5.18- Variação da temperatura interna ao longo do dia para um dia típico de inverno.	129
Figura A.1: Modelagem das paredes do porão no E+	145
Figura A.2: GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference	148
Figura A.3: GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach	149
Figura A.4: GroundTemperature:Undisturbed:Xing	150
Figura A.5: GroundDomain:Basement	154
Figura A.6: OtherSideConditionsModel	155
Figura A.7: Configuração da temperatura do <i>Basement</i>	157
Figura A.8: Dados de Saída do Basement	157
Figura A.9: Dados de Saída do Basement	158
Figura A.10: Dados de entrada pelo pré-processador <i>Basement</i>	159
Figura A.11: Dados de entrada do <i>SimParameters Object</i>	160
Figura A.12: Dados de entrada do <i>MatProps Object</i>	162

Figura A.13: Dados de entrada do <i>Insulation Object</i>	163
Figura A.14: Dados de entrada do <i>SurfaceProps Object</i>	166
Figura A.15: Dados de entrada do <i>BldgData Object</i>	167
Figura A.16: Dados de entrada do <i>Interior Object</i>	168
Figura A.17: Dados de entrada do <i>ComBldg Object</i>	169
Figura A.18: Dados de entrada do <i>EquivSlab Object</i>	170
Figura A.19: Dados de entrada do <i>EquivAutoGrid Object</i>	171
Figura A.20: Arquivo IDF de saída da pré-simulação do <i>Basement</i>	172
Figura A.21: <i>TypeLimits Temperature</i>	174
Figura A.22: <i>TypeLimits Temperature</i>	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Comparação dos métodos numéricos (continua)	97
Tabela 4.1: Dados de dias típicos de verão e inverno.....	102
Tabela 4.2: Dados de dias típicos de verão e inverno.....	102
Tabela 4.3: Propriedades termofísicas do solo	103
Tabela 4.4: Temperatura média mensal do solo	103
Tabela 4.5: Propriedades Termofísicas dos materiais utilizados no fechamento da edificação.	105
Tabela 5.1 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.	109
Tabela 5.2 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.	112
Tabela 5.3 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.	115
Tabela 5.4 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.	117
Tabela 5.5 – Temperatura média das faces externas e internas das paredes do cômodo subterrâneo.	120
Tabela 5.6 – Temperatura média das faces externas e internas da laje do cômodo subterrâneo.	120
Tabela 5.7 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.	123
Tabela 5.8 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.	124
Tabela A-1: Variação de albedo das superfícies.....	164
Tabela A-2: Variação da emissividade das superfícies	165
Tabela A-3: Variação da rugosidade das superfícies	165

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1	.....	49
Equação 3.2	.....	52
Equação 3.3	.....	52
Equação 3.4	.....	55
Equação 3.5	.....	55
Equação 3.6	.....	59
Equação 3.7	.....	60
Equação 3.8	.....	60
Equação 3.9	.....	61
Equação 3.10	.....	64
Equação 3.11	.....	64
Equação 3.12	.....	64
Equação 3.13	.....	65
Equação 3.14	.....	65
Equação 3.15	.....	65
Equação 3.16	.....	66
Equação 3.17	.....	66
Equação 3.18	.....	66
Equação 3.19	.....	69
Equação 3.20	.....	69
Equação 3.21	.....	70
Equação 3.22	.....	71
Equação 3.23	.....	71
Equação 3.24	.....	71
Equação 3.25	.....	72
Equação 3.26	.....	72
Equação 3.27	.....	72
Equação 3.28	.....	74
Equação 3.29	.....	74
Equação 3.30	.....	75
Equação 3.31	.....	76

Equação 3.32	76
Equação 3.33	76
Equação 3.34	77
Equação 3.35	80
Equação 3.36	81
Equação 3.37	82
Equação 3.38	82
Equação 3.39	83
Equação 3.40	83
Equação 3.41	84
Equação 3.42	85
Equação 3.43	89
Equação 3.44	89
Equação 3.45	91
Equação 3.46	93
Equação 3.47	93
Equação 3.48	93
Equação 3.49	93
Equação 3.50	94
Equação 3.51	94
Equação 3.52	95

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

3D: Tridimensional

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADI: solução *Alternating-Direction-Implicit*

APTA: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers

BLAST: *Building Loads Analysis and Thermodynamics*

DOE-2: software específico para a análise térmica

EP: *EnergyPlus*

EPW: *EnergyPlus Weather File* (arquivo climático formatado para o *EnergyPlus*)

EUA: Estados Unidos da América

GDomain: *Site: Ground Domain: Basement*

GDomainFD: *Site: Ground Domain: Basement with FiniteDifference*

GDomainKA: *Site: Ground Domain: Basement with KusudaAchenbach*

GDomainXing: *Site: Ground Domain: Basement with Xing*

IAC: Instituto Agrônômico de Campinas

IDF: *input data files* (arquivo de dados de entrada do *EnergyPlus*)

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

INPE: Nacional de Pesquisas Espaciais

IPTE: *Interzone Temperature Profile Estimation*

LABSOLAR: Laboratório Solar da Universidade Federal de Santa Catarina

MDF: Método das Diferenças Finitas

NBR: Norma Brasileira

NREL: National Renewable Energy Laboratory

OSCM: Other side Conditions Model Temperature

OUTPUT: arquivo de saída resultante das simulações com o *EnergyPlus* e/ou o *Basement*

Ren/h: Renovações de ar por hora

SWERA: Solar and Wind Energy Resource Assessment

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>A</i> : Área da seção transversal	(m ²)
<i>a</i> : constante empírica, 0.820	
<i>a_i</i> : coeficiente que caracteriza o fluxo de calor a partir da superfície	
<i>A_s</i> : amplitude da onda da temperatura da superfície do solo	(K)
<i>b</i> : constante empírica, 0.250	
<i>b_i</i> : coeficiente que caracteriza o fluxo de calor a partir da superfície	
<i>c</i> : constante empírica, 0.094	
<i>c_a</i> : amplitude de transferência do calor da fundação devido à variação da temperatura da superfície do solo	(°C) / (K)
<i>c_f</i> : coeficiente de transferência de calor adimensional dado por Deardorff	
<i>c_m</i> : média anual de transferência do calor da fundação devido à variação da temperatura da superfície do solo	(°C) / (K)
<i>c_{p,ar}</i> : calor específico do ar	(J/kgK)
<i>c_p</i> : calor específico do material	(J/kgK)
<i>C_T</i> : capacidade térmica do material	(kJ/m ² K)
<i>CR</i> : fator de cobertura de nuvens 0 < <i>CR</i> < 1	
<i>d</i> : parâmetro de deslocamento nulo	(m)
<i>d</i> : constante empírica aplicada ao método de Bahnfleth	
<i>D</i> : profundidade da fundação	(m)
<i>D_h</i> : coeficiente de transferência de calor	(m/s)
<i>D_w</i> : coeficiente de transferência de calor turbulento	(m/s)
<i>e</i> : pressão de vapor do ar	(psi)
<i>e_a</i> : pressão atmosférica do vapor de água	(10 ⁻⁷ Pa)
<i>f</i> : fator numérico da solução ADI, 0 < <i>f</i> < 1	
<i>G</i> : Taxa de condução de calor no solo	(W/m ²)
<i>h₀</i> : coeficiente de condução externa da superfície	(W/m ² K)
<i>h_i</i> : coeficiente convectivo-radiativo combinado	(W/m ² K)
<i>i, j e k</i> : índices das células de diferenças finitas	
<i>k</i> : condutividade térmica do solo	(W/mK)
<i>K</i> : período de tempo, que é considerado para o ano todo	(dia)
<i>k_e</i> : condutividade térmica efetiva	(W/mK)

$k_{\pm x/y/z}$: condutividade térmica eficaz na face da célula	(W/mK)
L : espessura do material	(m)
L_v : calor latente de evaporação da água	(J/kg)
m : número de profundidades onde os parâmetros de Xing são ajustados	
m_a : massa do ar	(kg)
N : número ou a contagem de material ou propriedade	
P : perímetro	(m)
$PL'n$: ângulo de fase para um solo não perturbado	(dia)
\dot{q} : taxa de geração interna de energia	(W/m ³)
q : taxa de transferência de calor	(W/m ²)
$\dot{q}_{conv,c}$: taxa de transferência de calor por convecção	(W)
$q_{conv,c}$: fluxo de calor convectivo	(W/m ²)
q_{cs} : convecção sensível	(W/m ²)
q_{et} : evapotranspiração	(W/m ²)
$q_{evap,c}$: perda de calor por evaporação na superfície da vegetação para o ar circundante	(W/m ²)
$q_{evap,c}$: taxa de transferência de calor por evaporação	(W/m ²)
\dot{q}_{inf} : taxa de transferência de calor na face externa da laje	(W)
\dot{q}_{int} : taxa de transferência de calor na face externa da laje	(W)
$q_{liq,c}$: fluxo de calor total que entra na camada de cobertura	(W/m ²)
q_{rad} : fluxo de radiação incidente sobre a superfície analisada	(W/m ²)
\dot{q}_{sist} : taxa de transferência de calor dos sistemas de condicionamento	(W)
$q_{sol,rad,c}$: radiação solar absorvida pela vegetação da camada de cobertura	(W/m ²)
q_{st} : taxa de energia armazenada dentro de um volume de controle da célula	(W/m ²)
$q_{term,rad,c}$: radiação térmica emitida da vegetação	(W/m ²)
$q_{term,rad,céu,c}$: radiação térmica emitida pelo céu e que entra na vegetação	(W/m ²)
$q_{term,rad,céu}$: radiação térmica proveniente do céu	(W/m ²)
$q_{term,rad,ss}$: radiação térmica emitida pela superfície do solo	(W/m ²)

r_a : resistência aerodinâmica utilizada para determinar a transferência de calor e umidade da superfície da camada para o ar	(s/m)
$R_{céu}$: radiação infravermelha do céu	(W/m ² K)
R_{dif} : radiação solar difusa	(W/m ² K)
R_{isol} : resistência do material isolante	(m ² K/W)
R_s : radiação emitida pela superfície do solo	(W/m ² K)
$R_{s,max}$: calor máximo da radiação de onda curta durante o dia	(W/m ²)
R_s : calor de radiação de onda curta horária medido	(W/m ²)
r_s : é a resistência dos estômatos	(s/m)
R_{sol} : radiação absorvida de ondas curtas	(W/m ² K)
R_{solc} : radiação solar de feixe curto	(W/m ² K)
R_t : radiação líquida absorvida na superfície do solo	(W/m ²)
R_{tot} : radiação total adsorvida	(W/m ²)
$SSQE$: soma do quadrado do erro	
$T(z,t)$: temperatura do solo não perturbado como uma função do tempo e da profundidade	(°C)
T : Temperatura	(°C) / (K)
t : tempo	(s) / (dia)
$\overline{T_0}$: média das temperaturas mensais do solo	(°C)
t_0 : atraso de fase na temperatura da superfície do solo	(K)
T_a : temperatura do ar	(°C)
$T_{ar,amb}$: temperatura do ar ambiente	(°C) / (K)
T_c : temperatura da camada de cobertura	(°C)
$T_{chão}$: temperatura da superfície interior acima do solo	(°C)
t_p : período do ciclo de temperatura do solo (365)	(dia)
T_s : temperatura da superfície do solo (média anual)	(K)
$T_{s,ampl,n}$: amplitude de superfície de ordem n	(°C) / (K)
$T_{s,med}$: temperatura média anual do solo para diferentes profundidades e tempos.	(°C)
$T_{s,NM}(z(i),t)$: temperatura não perturbada do solo	(°C)
$T_{s,THM}(z(i),t)$: temperatura não perturbada do solo calculada a partir do modelo de dois harmônicos	(°C)

T_{sa} : amplitude da temperatura da superfície do solo ou da temperatura ambiente do ar	(°C)
T_{sala} : temperatura do ar no ambiente do subsolo	(°C)
T_{sf} : temperatura interna da superfície da fundação	(°C)
T_{sm} : média anual da temperatura da superfície do solo ou da temperatura ambiente do ar	(°C)
T_{wb} : temperatura ambiente de bulbo úmido	(°C)
U : transmitância térmica do material	(W/m ² K)
u_a : velocidade do vento	(m/s)
v : densidade da vegetação que define a fração de radiação bloqueada pela camada de cobertura	(kg/m ³)
w_a : taxa de umidade do ar	(kg/kg)
w_{sat} : taxa de umidade saturada	(kg/kg)
x, y, z são as coordenadas sul, oeste e vertical.	
z : profundidade do solo abaixo da superfície	(m)
α : albedo da superfície	
α_s : difusividade térmica do solo	(m ² /dia)
Δt : passo de tempo diferencial	(s)
ΔT_s : amplitude da mudança da temperatura do solo ao longo do ano	(°C)
$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: distância entre os centros das células	(m)
$\delta x, \delta y, \delta z$: largura das células	(m)
Δx_i : divisão do domínio da malha de diferenças finitas	(m)
Δ : mudança na pressão de vapor de saturação com temperatura	(Pa/°C)
$\epsilon_{céu}$: aproximado como a emissividade de vapor de água	
ϵ_s : emissividade, $0,9 < \epsilon_s < 1,0$	
γ : constante psicrométrica	(Pa/°C)
ζ : coeficiente de expansão	
θ : deslocamento de fase ou o dia que possui a menor temperatura superficial do solo	(dia)
θ_s : teor de umidade do solo	(m ³ /m ³)
θ_{wp} : teor mínimo de umidade do solo que a planta necessita para não murchar	(m ³ /m ³)
θ_z : ângulo zenital do sol	(graus)

λ : critério de estabilidade da solução ADI

ρ : densidade do material (kg/m³)

ρ_{ar} : massa específica do ar (kg/m³)

σ : constante de Stefan-Boltzman (5,67 x 10⁻⁸) W/m²k⁴

Φ : atraso da fase anual entre a transferência de calor da fundação e a temperatura de superfície do solo (°C) / (K)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 <i>Contextualização do Tema</i>	22
1.2 <i>Objetivos</i>	24
1.3 <i>Motivação</i>	24
1.4 <i>Estrutura da Dissertação</i>	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 <i>Processos de Transferência de Calor no Solo</i>	27
2.1.1 <i>Primeiros modelos desenvolvidos</i>	28
2.1.2 <i>Principais modelos desenvolvidos</i>	33
2.2 <i>O programa EnergyPlus</i>	36
2.2.1 <i>EnergyPlus: Slab</i>	38
2.2.2 <i>EnergyPlus: Basement</i>	39
2.3 <i>Normas Brasileiras de Desempenho de Edificações</i>	45
3. MÉTODOS NUMÉRICOS APLICADOS NO ENERGYPLUS	49
3.1 <i>Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Kusuda-Achenbach”</i>	49
3.2 <i>Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Finite Difference”</i>	51
3.2.1 <i>Método numérico de Xing</i>	51
3.2.2 <i>Método numérico de Lee</i>	57
3.2.3 <i>Método numérico de Herb et al.</i>	62
3.3 <i>Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Xing”</i>	67
3.4 <i>Modelo “Detailed Ground Heat Transfer”</i>	67
3.4.1 <i>Principais Processos de Troca de Calor no Solo</i>	68
3.4.2 <i>Método Numérico de Bahnfleth</i>	75
3.4.3 <i>Método Numérico de Cogil</i>	78
3.4.4 <i>Método Numérico de Clements</i>	87
3.4.5 <i>Método ITPE</i>	91
3.5 <i>GroundDomain X DetailedGroundHeatTransfer</i>	96
4. METODOLOGIA	99
4.1 <i>Modelo analisado</i>	99
4.2 <i>Dados climáticos de referência e rotinas de uso e ocupação</i>	101
4.3 <i>Propriedades termofísicas do solo analisado</i>	102
4.4 <i>Composição do sistema de fechamento da edificação unifamiliar</i>	103
4.5 <i>Dados de entrada e variação das simulações do solo</i>	105

4.5.1	Comparação dos métodos numéricos	105
4.5.1	Análise da influência das propriedades termofísicas do solo.....	106
4.5.2	Análise da influência do material de isolamento das paredes e piso do cômodo subterrâneo	106
4.5.3	Análise da influência do posicionamento da zona	107
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	108
5.1	<i>Comparação dos métodos numéricos</i>	<i>108</i>
5.1.1	Verão	109
5.1.2	Inverno.....	111
5.2	<i>Análise da influência das propriedades termofísicas do solo.....</i>	<i>114</i>
5.2.1	Verão	114
5.2.2	Inverno.....	117
5.2.3	Verificação da temperatura das paredes e piso do porão.....	119
5.3	<i>Análise da influência do material de isolamento das paredes e piso do cômodo subterrâneo</i>	<i>122</i>
5.3.1	Verão	122
5.3.2	Inverno.....	124
5.4	<i>Análise da influência do posicionamento da zona</i>	<i>125</i>
5.4.1	Verão	125
5.4.2	Inverno.....	127
6.	CONCLUSÕES.....	130
6.1	<i>Trabalhos Futuros.....</i>	<i>132</i>
	REFERÊNCIAS.....	133
	APÊNDICE A.....	144
	APÊNDICE B.....	176

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Tema

A cada ano são apresentados novos estudos relacionados à melhoria da qualidade de vida das pessoas e, cada vez mais, este tema torna-se recorrente nas principais pautas das reuniões governamentais e conferências por todo o mundo. Diante desse contexto, o estudo relacionado à qualificação do desempenho térmico das unidades residenciais surge como um tema de grande importância, sobretudo devido ao caráter propriamente econômico, com a redução dos gastos com consumo de energia elétrica para aquecimento e/ou resfriamento.

Com as projeções de crescente consumo de energia em âmbito nacional, medidas de conservação de energia se tornam uma necessidade presente no Brasil. Na década de 1990, o aumento da demanda por energia elétrica, apenas no setor comercial, foi de 9,8%, enquanto a geração por meio de hidrelétricas, que é a principal fonte geradora de energia no país, foi acrescida em apenas 5,8% (BRASIL, 2000). Já em 2015, devido às condições hidrológicas desfavoráveis no Brasil, houve uma redução de 3,2% da energia hidráulica disponibilizada ao passo que o consumo final de eletricidade no país registrou uma queda de 1,8%, sendo que a redução de energia gasta no setor residencial alcançou apenas 0,7% (BRASIL, 2016). Essa diferença, entre outras medidas, aponta para a urgência do uso racional de energia em edifícios. Consequentemente, padrões de energia mais rígidos estão aumentando os requisitos de modelagem de edifícios como um meio de avaliar projetos e medidas de conservação de energia.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o cunho social que a qualificação do desempenho térmico das residências proporciona, uma vez que, de modo direto, este tema está relacionado ao aumento no nível da qualidade de vida das pessoas.

Sendo assim, a necessidade de melhorar o bem-estar dos usuários de uma edificação, associada à economia de energia, a otimização do desempenho térmico e ao conforto térmico do ambiente fez com que surgissem diversos estudos utilizando, como auxílio, ferramentas computacionais para simulações de cargas térmicas e energéticas de edificações (WALLAUER, 2003). Além disso, as técnicas

de modelagem numérica normalmente utilizam hipóteses simplificadoras, a fim de alcançar uma solução aceitavelmente precisa para um problema complexo em um período mínimo de tempo (CLEMENTS, 2004) e, por esse motivo, são essenciais no desenvolvimento destes estudos.

Uma dessas ferramentas computacionais é o *software EnergyPlus*, um programa de simulação numérica de carga térmica e análise energética, que possui suas raízes nos programas BLAST (*Building Loads Analysis and Thermodynamics*) e DOE-2, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos. Hoje em dia o *EnergyPlus* é utilizado como programa oficial do Departamento de Energia dos Estados Unidos para simulações em construções que buscam a eficiência energética. No Brasil, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) recomenda que a realização das simulações computacionais também sejam executadas no programa *EnergyPlus*.

Até o momento, o foco de atenção tem naturalmente se dirigido para o comportamento térmico da superestrutura de edifícios a partir do qual se pode esperar que as perdas de calor possam ser significantes, sem um isolamento adequado (WALLAUER, 2003). Contudo, uma grande parcela dessas perdas pode ocorrer devido à transferência de calor no interior de um edifício por meio do solo ou laje, bem como pelos porões de uma edificação (COGIL, 1998).

Atualmente, o desempenho térmico dos edifícios é relativamente bem compreendido e, com isso, o melhor entendimento dos processos de transferência de calor através dos elementos tem ajudado a melhorar o desempenho térmico das edificações, principalmente as edificações térreas. No entanto, estudos que avaliem o processo de transferência de calor nas paredes e lajes de cômodos subterrâneos não são muito abrangentes e, conforme mencionado anteriormente, tal fator deve ser levado em consideração quando uma avaliação precisa do desempenho térmico de uma edificação é solicitada.

Além disso, os porões são comumente usados como espaços habitáveis nos edifícios residenciais e, por isso, eles devem ser condicionados a obedecer aos mesmos critérios de conforto térmico dos andares acima do solo de uma edificação. Para isso, os efeitos de transferência de calor devem ser bem compreendidos, a fim

de melhorar o desempenho térmico das construções. Neste cenário, a modelagem computacional entra como uma valiosa ferramenta que é utilizada para auxiliar a compreensão dos processos de transferência de calor das fundações, pois os modelos permitem que simples ajustamentos dos diversos parâmetros que influenciam o processo de transferência de calor possam ser simulados.

Dentro deste contexto, se insere esta pesquisa, cujo principal enfoque é analisar as trocas de calor entre o piso, paredes e o solo de edificações térreas não condicionadas, e sua modelagem no programa *EnergyPlus*, com ênfase na modelagem dos parâmetros do pré-processador *Basement*.

1.2 Objetivos

Avaliar o efeito do processo de transferência de calor através do piso e paredes subterrâneos numa residência, via *EnergyPlus*, no desempenho térmico global de uma edificação.

1.3 Motivação

A disponibilidade de maiores recursos computacionais nas últimas décadas estimulou o desenvolvimento de modelos sofisticados para explicar a transferência de calor das fundações e cômodos subterrâneos. Alguns desses modelos são integrados em pacotes de simulação de edificações tal como o *EnergyPlus*. Sendo assim, o uso de modelos complexos para simular as perdas de calor da fundação é relativamente recente, pois a complexidade e o custo elevado das simulações das edificações onde os cômodos subterrâneos representavam uma pequena fração da área total simulada eram quase sempre desprezados.

Diante desses fatos, as melhorias nos recursos computacionais disponíveis atualmente associadas ao desenvolvimento de uma interface mais acessível ao usuário são fatores que vem incentivando o desenvolvimento de modelos que consideram a influência do solo de modo mais abrangente, considerando também parâmetros como os fenômenos de transferência de calor e massa nos ambientes subterrâneos e nas lajes em contato com o solo, as condições de cobertura do solo ao redor da edificação e diversas configurações de isolamento para os fechamentos dos ambientes (ANDOLSUN et al., 2011). Consequentemente, tais modelos

abordam conceitos que permitem que uma avaliação precisa de desempenho térmico de uma edificação seja realizada, onde o efeito do processo de transferência de calor através do piso e paredes subterrâneos seja levado em consideração.

Outro aspecto de relevância é que a maioria das pesquisas existentes até o momento analisam apenas os ambientes subterrâneos que são isolados e condicionados artificialmente e, no Brasil, onde as casas são usualmente ventiladas naturalmente e não possuem isolamento térmico no piso e nas paredes, há a necessidade de mais estudos que abordem o tema. Além disso, a obtenção das propriedades termofísicas do solo no setor comercial têm sido pouco empregadas devido às dificuldades próprias do processo de coleta e de apreciação de grande quantidade de amostras (LORENÇON, 2014) e, portanto, a influência do solo é quase sempre negligenciada nas análises térmicas de edificações.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente pesquisa é estruturada em seis capítulos, sendo este o primeiro deles, onde é realizada a contextualização do tema e os objetivos a que se pretende este trabalho.

No segundo capítulo expõe-se uma revisão da literatura acerca dos métodos desenvolvidos por diversos pesquisadores no decorrer dos anos sobre os processos de troca de calor envolvendo o solo. O segundo capítulo também expõe uma revisão da literatura e pesquisas correlatas sobre o *Software EnergyPlus*, com ênfase nos pré-processadores *Slab* e *Basement*, e uma breve revisão das normas brasileiras de desempenho.

No terceiro capítulo apresentam-se os principais métodos numéricos utilizados no desenvolvimento do módulo *Basement* para os distintos tipos de procedimentos de cálculo da troca de calor envolvendo o solo que podem ser executados no programa *EnergyPlus*. Apresenta-se também, sucintamente, os principais conceitos a serem levados em consideração em uma análise térmica de uma edificação que está em contato com o solo. São também explanados, de forma geral, os principais processos de troca de calor envolvendo o solo.

No quarto capítulo a proposta da metodologia adotada neste trabalho é apresentada e detalhada. Além de apresentar o estudo de caso, são definidas as variáveis a serem abordadas, assim como os respectivos dados climáticos de referência, as rotinas de uso e ocupação da edificação analisada, as propriedades termofísicas do solo e a composição do sistema de fechamento da edificação utilizado nas simulações numéricas.

No quinto capítulo os resultados obtidos nas simulações são expostos e discutidos, permitindo a extração dos fatores com papel ativo no desempenho térmico das edificações residenciais unifamiliares que possuem cômodos em contato com o solo. São também realizadas comparações com parâmetros normativos adotados como limitadores para a promoção do melhor desempenho térmico das edificações.

No sexto e último capítulo expõe-se as conclusões, incluindo as sugestões para futuros trabalhos, e após este as referências e os apêndices.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo apresenta-se uma revisão da literatura abrangendo os principais tópicos que compreendem o tema da pesquisa. São exploradas informações a respeito de alguns trabalhos que contribuem para um melhor entendimento dos processos de troca de calor envolvendo o solo. Também são investigadas, neste capítulo, as principais características do *software EnergyPlus* bem como os principais meios existentes no programa para realizar as simulações computacionais das trocas de calor envolvendo o solo e as paredes e piso subterrâneos de edificações. Por fim, realiza-se também uma breve descrição das normas brasileiras vigentes nas avaliações de desempenho térmico de edificações.

2.1 Processos de Transferência de Calor no Solo

Grandes avanços no conhecimento do processo de troca de calor em ambientes subterrâneos vêm sendo adquiridos desde a década de 1940 por pesquisadores tais como Macey (1949 apud DERU, 2003), Lachenbruch (1957 apud DERU, 2003), Kusuda e Achenbach (1965), Muncey e Spencer (1978 apud DERU, 2003), Wang (1979), Ship (1979, 1983), Speltz e Meixel (1981), Mitalas (1983, 1987), Richmond e Besant (1985), Walton (1987), Bahnfleth (1989), Cogil (1998) e mais recentemente Krarti, Chuangchid e Ihm (2001), Deru (2003), Clements (2004), Herb et al. (2008), Lee (2013) e Xing (2014). Contudo, os modelos dinâmicos de transferência de calor das fundações e cômodos subterrâneos são baseados em métodos numéricos complexos e, desse modo, requerem recursos computacionais que dificultam a sua utilização em *softwares* devido ao extenso gasto computacional que a formulação de tais modelos desenvolvidos exige.

Com a evolução dos recursos computacionais, a disponibilidade de computadores para a análise que leva em consideração os processos de transferência de calor e de massa no solo permite a utilização de modelos numéricos mais detalhados, empregando métodos mais sofisticados como o método de diferenças finitas e de elementos finitos. A capacidade de descrever, com mais precisão, o comportamento térmico sazonal do solo e as condições de contorno nas interfaces ar-solo e ar-porão proporcionam aos pesquisadores os meios para estudar a interação entre um edifício e seu ambiente e analisar o significado de várias técnicas de modelagem e parâmetros. A discussão a seguir examina, em ordem cronológica, alguns dos

muitos e diversos estudos que melhoram a compreensão dos processos de transferência de calor de ambientes que estão em contato com o solo.

2.1.1 Primeiros modelos desenvolvidos

Segundo Deru (2003), o primeiro modelo bidimensional de transferência de calor pela fundação a ser amplamente reconhecido é o modelo desenvolvido por Macey (1949 apud DERU, 2003). Este método é utilizado como base para os cálculos de perda de calor pelo Guia CIBSE (1986 apud DERU, 2003). O primeiro método de solução transiente bem conhecido é desenvolvido por Lachenbruch (1957 apud DERU, 2003) que resolve a equação diferencial de condução de calor usando as funções de Green¹. Lachenbruch (1957 apud DERU, 2003) adota este método para estudar a condução de calor de forma tridimensional em edifícios aquecidos mecanicamente e descobre que o ambiente interno de um edifício com porão leva em média três anos para que o campo de temperatura chegue a um comportamento periódico anual constante em função da variação da temperatura do solo. Este método de solução é posteriormente usado como base para um programa computacional para calcular mensalmente os valores de perda de calor e os dados de temperaturas do solo usados para a simulação de energia de edifícios no DOE-2 e BLAST (KUSUDA, 1971; KUSUDA; ACHENBACH, 1965). Ambos os modelos assumem que as propriedades termofísicas são constantes e que o solo é um material homogêneo.

A formulação desenvolvida por Kusuda e Achenbach (KUSUDA; ACHENBACH, 1965) é capaz de modelar a distribuição vertical da temperatura do solo a partir de uma simples correlação harmônica no tempo como função da profundidade do solo e do tempo. Apesar de ter sido desenvolvido em 1965, essa formulação, que é responsável por fornecer a temperatura do solo, ainda é utilizada em muitos programas de análise térmica de transferência de calor envolvendo o solo.

Wang (1979) desenvolve um modelo numérico bidimensional transiente em elementos finitos para o cálculo da perda de calor tanto em porões quanto em lajes.

¹ Tipo de função utilizada para resolver equações diferenciais não-homogêneas sujeitas a condições iniciais ou condições de contorno determinadas.

Esse modelo usa um passo de tempo² semanal e uma aproximação sinusoidal das temperaturas do ar ambiente. Embora o modelo não inclua um tratamento detalhado do processo de transferência de calor na superfície do solo, os resultados de Wang (1979) mostram que existe uma diferença significativa no desempenho térmico devido a localização do isolamento interno e externo para paredes de blocos de fundação de concreto, devido ao aumento da convecção dentro dos furos das paredes com isolamento na parte interna. Para estes casos, o isolamento externo das paredes prova ser até 32% mais eficaz do que o isolamento na parte interna. No caso de paredes de concreto armado, a diferença do desempenho é desprezível. Outro ponto importante nesta investigação diz respeito ao isolamento da sapata da fundação. Esses componentes podem ter um impacto significativo sobre a taxa de transferência de calor global das fundações do porão quando não são isolados apropriadamente. Em função dos resultados obtidos e da importância destes resultados, o modelo de Wang (1979) é incorporado na norma ASHRAE (ASHRAE, 1997).

Ship (1979, 1983) desenvolve um modelo numérico bidimensional com base no método de diferenças finitas com um passo de tempo diário. No modelo é adotado uma malha de diferenças finitas de 10 cm de espessura em um porão com 12 x 12 x 17 metros, com uma temperatura interna fixa e com as condições de contorno verticais adiabáticas³. Utiliza-se dados meteorológicos para dar uma representação precisa das condições da superfície, incluindo a radiação, convecção e efeitos da energia solar. A distinção entre as formas de isolamento interno e externo não são inclusas no modelo. Assume-se que as condições de contorno são insignificantes para as paredes de porões isolados, e por isso, não são incluídas. Mitalas (1983, 1987) mostra, posteriormente, que essa desconsideração é errônea.

A revisão do modelo de Shipp (1979) é relatada por Shipp, Pfender e Bligh (1981). Nesta nova versão do modelo bidimensional em diferenças finitas, os efeitos do posicionamento do isolamento interior e exterior e o espaçamento da malha são

² *Time-step*, cuja duração deve ser especificada pelo desenvolvedor do algoritmo, para o qual a simulação irá progredir durante o próximo "passo de tempo" até que a convergência numérica seja alcançada.

³ Condição onde não ocorre troca de energia na forma de calor e também de matéria.

examinados com mais detalhes do que no modelo anterior. Shipp, Pfender e Bligh (1981) desenvolvem um modelo bidimensional utilizando o método das diferenças finitas para comparar os fluxos de calor medidos e modelados em um edifício. O primeiro grande achado deste estudo é o fato que em um prédio com isolamento nas paredes externas dos porões, somente os 2,5 metros da parede abaixo do nível do solo mostram variações significativas nas taxas de transferência de calor sazonais. Abaixo deste nível (2,5 metros), o nível de fluxo de calor apresenta variações relativamente pequenas. Outro achado importante é que as propriedades térmicas do solo em uma região de até aproximadamente 3 metros em torno da fundação tem o efeito mais significativo sobre o fluxo de calor. Verifica-se também que há uma zona de influência térmica que se estende a cerca de 15 metros abaixo do edifício. A maioria dos modelos numéricos subsequentes usam essa descoberta para justificar onde é estabelecido o limite inferior dos modelos simulados.

Speltz e Meixel (1981) desenvolvem um modelo de transferência de calor que leva em consideração a massa do solo, os efeitos de cobertura do solo, um cálculo da radiação incluindo tanto a onda de infravermelho curta quanto a longa, e um modelo experimental de evapotranspiração validado. Antes desse estudo, nenhum outro modelo numérico incluía todos esses efeitos que podem afetar significativamente a taxa de transferência de calor da edificação analisada. Muitos dos processos de transferência de calor modelados por Speltz e Meixel (1981) são incorporados aos modelos de Bahnfleth (1989) e Bahnfleth, Cogil e Yuill (1997).

Os autores Yard, Morton-Gibson e Mitchell (1984) desenvolvem um método simplificado bidimensional baseado no método dos elementos finitos para o cálculo da perda de calor através de porões. A temperatura do solo e a temperatura ambiente são estimadas usando aproximações senoidais. Segundo os autores, os resultados fornecidos pelo método para as perdas de calor são calculadas com precisão comparável aos valores do método indicado pela norma ASHRAE (ASHRAE, 1981). O desenvolvimento deste método é motivado pelo excesso de tempo computacional requerido para os modelos anteriormente apresentados.

Richmond e Besant (1985) desenvolvem um modelo bidimensional baseado no método dos elementos finitos e comparam as soluções com resultados experimentais em duas casas canadenses e com outros modelos já existentes. Além

disso, eles realizam um estudo paramétrico sobre as perdas de calor do porão a partir da radiação interior, um parâmetro que muitos pesquisadores omitem. Como resultado, eles descobrem que ao negligenciar a transferência de calor por radiação entre o piso e o teto do porão ou entre as paredes do porão o fluxo de calor resulta em uma redução de até 20% quando comparados aos resultados medidos para porões não isolados.

Bahnfleth (1989) utiliza um modelo baseado no método das diferenças finitas para simular a perda de calor anual de lajes em contato com o solo usando um balanço de calor na superfície do solo. O modelo de lajes para o cálculo da transferência de calor no solo modelado por Bahnfleth é uma das primeiras soluções tridimensionais para resolver o problema de condução de calor em fundações. Uma das principais conclusões dessa pesquisa é que a taxa de transferência de calor a partir de uma laje apoiada sobre o solo não é proporcional ao perímetro, como relatado na ASHRAE (ASHRAE, 1997), mas sim proporcional à relação área/perímetro (BAHNFLETH, 1989; BAHNFLETH e PEDERSEN 1990). Na construção da laje apoiada diretamente sobre o solo, Bahnfleth, Cogil e Yuill (1997) desenvolvem um modelo de transferência de calor para um ambiente subterrâneo incorporando muitas características do modelo anteriormente mencionado. Ao invés de utilizar um método de solução explícita⁴ para o problema, no entanto, uma abordagem direta alternada modificada (ADI) em diferenças finitas é utilizada, com base no trabalho de Chang, Chow e Chang (1991).

Thunholm (1990 apud XING, 2014) desenvolve um modelo unidimensional de diferenças finitas explícito para simular fluxos temporários de calor e água no solo. O modelo permite a utilização de até 22 camadas de solo com espessura e propriedades variadas. O modelo calcula o fluxo de calor na superfície do solo, que é composto de fluxos de calor de radiação, convecção e evaporação. O congelamento/descongelamento da umidade no solo e queda de neve também são considerados. Uma curva de ponto de congelamento é usada para estimar o teor de água não congelada presente no solo. Quando a temperatura do ar atinge 2°C, toda precipitação é calculada como chuva, enquanto que abaixo de -2°C, toda a

⁴ Método que utiliza funções capazes de calcular o estado do sistema em um tempo posterior ao estado atual do sistema.

precipitação é calculada como neve. Entre os -2°C e 2°C , o conteúdo da neve na precipitação é linearmente proporcional à temperatura. O modelo requer dados meteorológicos como dados de entrada, que incluem temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, nebulosidade e taxa de precipitação. O autor testa o modelo para estimar a temperatura do solo a 30cm de profundidade por um período de um ano e compara os resultados obtidos entre a simulação e os valores reais medidos para um local na Suécia. As diferenças de temperatura dos resultados simulados e medidos estão dentro do intervalo de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Entretanto, este modelo tem algumas limitações tais como a desconsideração do efeito da cobertura do solo.

Claesson e Hagentoft (1991 apud DERU, 2003) desenvolvem uma estratégia utilizando a combinação de uma solução numérica e analítica para o problema de perda de calor para as lajes do pavimento da edificação em contato com o solo. A equação de condução de calor é resolvida em um estado estacionário⁵, para uma temperatura externa periódica representada por uma função de grau unitário. As duas soluções são combinadas em uma superposição para obter a solução final de problemas específicos. Os autores descobrem que os efeitos dos lençóis freáticos são pequenos apesar do nível de água estar alto e que os efeitos de isolamento ocasionados pela cobertura da neve no solo devem ser considerados.

Haghighat e Liang (1992) desenvolvem um método transiente unidimensional de condução de calor. Os principais modelos analisados nessa abordagem são as técnicas numéricas em análise harmônica e funções de transferência z de calor⁶. O cálculo dos coeficientes da função de transferência z é estabelecido assumindo que os materiais são homogêneos dentro de uma mesma camada e que a condução de calor na da parede é unidimensional. A principal vantagem da utilização das funções de transferência z associadas a função de transferência por condução (CTF)⁷

⁵ Solução em que as variáveis são inalteráveis no tempo.

⁶ Técnica utilizada na previsão do desempenho térmico onde os coeficientes dessas funções de transferência z são calculados usando métodos onde a transformada z converte um sinal de tempo discreto, que é uma sequência de números reais ou complexos, em uma representação de domínio de frequência complexa.

⁷ Método analítico que é amplamente utilizado para calcular a transferência de calor por condução em cálculos de energia.

unidimensional é que os dados de saída são obtidos em qualquer passo de tempo (HAGHIGHAT; LIANG, 1992).

2.1.2 Principais modelos desenvolvidos

Krarti et al. (1995) desenvolvem uma abordagem que estima o perfil de temperatura na interface entre as zonas (*Interzone Profile Estimation* - IPTE) e que combina abordagens numéricas e analíticas para resolver o problema de condução de calor. O método IPTE divide o domínio do problema em diversas zonas, onde a equação da condução de calor é facilmente resolvida, e requer estimativas do perfil de temperatura nas superfícies entre as zonas. Modelos bi e tridimensionais são desenvolvidos para comparar com os resultados obtidos por Bahnfleth (1989), em uma previsão anual de valores de perda de calor, de forma que os resultados obtidos são satisfatórios. Limitações deste modelo incluem a necessidade de conhecer, ou estimar, os perfis de temperatura entre as zonas, o fato de que as propriedades do solo são constantes e a adoção de um tratamento simplificado para as condições de contorno da superfície do solo.

Cogil (1998) desenvolve um modelo numérico tridimensional para analisar a transferência de calor em ambientes subterrâneos condicionados e não condicionados. O modelo é baseado nos trabalhos de Bahnfleth (1989) e possui um detalhado código numérico que leva em consideração diversos fatores de cobertura do solo, diversos tipos de materiais da fundação e possui um tratamento sofisticado das condições de contorno. Este modelo é posteriormente implementado no *EnergyPlus* e permanece nas versões recentes do programa.

Deru, Judkoff e Newmark (2000) desenvolvem um modelo tridimensional de transferência de calor utilizando o método dos elementos finitos para ser integrado ao SUNREL⁸ (DERU; JUDKOFF; NEYMARK, 2002). O modelo desenvolvido inclui um equilíbrio de calor detalhado da superfície do terreno, mas adota valores constantes para a cobertura do solo e para as taxas de evapotranspiração. O programa também tem a capacidade de ser executado no modo bidimensional, a fim de minimizar o tempo de execução quando a precisão não é tão solicitada. Um

⁸ Pacote de análise completa de energia de um edifício desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL) dos Estados Unidos (DERU; JUDKOFF; NEYMARK, 2002).

achado nesta pesquisa envolve a interrelação entre a transferência de calor da fundação e a umidade do solo. A presença de água subterrânea tem um impacto significativo sobre as taxas de transferência de calor da fundação. A umidade relacionada à superfície do solo (sob a forma de chuva, etc.), no entanto, demonstra ter um impacto que pode ser negligenciado sobre as previsões de transferência de calor da fundação.

Em 2004, Clements atualiza o modelo de Cogil (1998) e de Bahnfleth (1989) usando um código em Fortran para modelar a transferência de calor do cômodo subterrâneo. Ele propõe e testa uma junção entre os resultados deste módulo tridimensional e os cálculos unidimensionais do *EnergyPlus*. O autor também testa um parâmetro de escala da fundação, que simula o ambiente subterrâneo usando uma geometria de construção em forma de um retângulo equivalente, aplicável a qualquer tipo de forma da fundação a fim de reduzir o tempo de execução computacional. Além disso, ele acrescenta uma função de automatização da malha de dimensionamento do método das diferenças finitas que fornece uma maior flexibilidade, introduzindo um intervalo de tempo variável que diminui o tempo de execução do modelo, reduzindo também o tempo computacional supérfluo. Clements (2004) também acrescenta uma sub-rotina para calcular automaticamente a temperatura do solo.

Herb et al. (2008) desenvolvem um modelo unidimensional implícito baseado no método das diferenças finitas para calcular a temperatura horária do solo a uma profundidade de 10m. O domínio do solo na simulação é dividido em duas camadas: uma próxima à superfície com células menores e outra com células maiores em direção ao limite inferior do domínio do solo. A migração vertical da umidade do solo é modelada e a precipitação é considerada na modelagem do transporte de umidade. Um balanço energético total é aplicado no limite da superfície e uma condição adiabática é aplicada na condição de contorno inferior. A transferência de calor na superfície do solo inclui radiação de ondas longas, radiação de ondas curtas, evaporação e a convecção. Este modelo considera o efeito das condições da superfície do solo. Ao alterar a temperatura do solo a difusividade, a absorção da radiação solar, a densidade de vegetação e outros parâmetros podem ser utilizados para estimar a temperatura do solo sob diversas coberturas do solo (asfalto, concreto, solo nu, gramado, culturas de milho e soja e floresta). No entanto, este

modelo não considera alguns aspectos tais como a sua validação contra resultados medidos para diversos tipos de climas, pois apenas um local para cada tipo de cobertura do solo é investigado.

Xu e Spitler (2011 apud XING, 2014) desenvolvem um modelo numérico bidimensional usando o método das diferenças finitas. O modelo utiliza dados meteorológicos como dados de entrada e implementa um balanço de calor completo na superfície do solo, que inclui radiação solar, convecção, radiação térmica e condução para modelar a temperatura do solo. O modelo desenvolvido pelo autor ainda considera o transporte de umidade, congelamento/descongelamento e acúmulo/derretimento de neve. A precipitação, evaporação e condensação na superfície também são consideradas na modelagem do transporte de umidade. Contudo, este modelo não considera a evapotranspiração e, além disso, o modelo é validado apenas para três locais dos Estados Unidos, sendo que locais com outros tipos de clima e tipos de solo devem ser investigados.

Xing (2014) desenvolve um método simplificado com dois harmônicos⁹ que é validado para diversos locais medidos em diversas localidades dos Estados Unidos. O modelo baseia-se principalmente em cinco parâmetros: a temperatura média anual do solo, duas amplitudes de temperatura do solo na superfície e atraso de fase para prever as temperaturas não perturbadas do solo. O modelo numérico é utilizado para gerar coeficientes do modelo de dois harmônicos. O autor ainda estabelece um novo conjunto de estimativas da temperatura do solo que são aplicados a diversos estudos de engenharia. Um modelo numérico é desenvolvido para fornecer as estimativas da temperatura anual do solo e temperaturas máximas/mínimas do solo para vários anos. Desenvolve-se também um modelo simplificado onde apenas alguns parâmetros devem ser informados para um ano típico de projeto. Estes parâmetros são fornecidos pelo autor para diversos locais do mundo.

⁹ Um função harmônica é qualquer solução não trivial da equação diferencial parcial de Laplace cujas derivadas primeira e segunda são contínuas. A função com dois harmônicos é a soma de duas funções harmônicas (XING, 2014).

2.2 O programa *EnergyPlus*

O *EnergyPlus* é um programa computacional, criado a partir dos programas BLAST e DOE-2 e distribuído gratuitamente pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas. O programa possui capacidade de simulação diferenciada, tais como *time step* (intervalo de tempo das simulações) de cálculo menor que uma hora, sistema modular, possibilidade de cálculo de infiltração de ar diferenciada para cada zona térmica, cálculo de índices de conforto térmico e integração com outros sistemas (ANDOLSUN et al., 2011).

O programa *EnergyPlus* apresenta algumas características que o colocam à frente de diversos programas de simulações termo energéticas (ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION, 2016), tais como:

- Solução simultânea e integrada para obtenção da resposta da edificação analisada;
- Intervalos de tempos definidos pelo usuário, com fração de hora, para interação entre as zonas térmicas e o ambiente, e intervalos de tempo variáveis para interação entre a zona térmica e o sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC);
- Arquivos de entrada, de saída e dados climáticos que incluem condições ambientais horárias ou sub-horárias (até um quarto de hora) e relatórios padrões reajustáveis pelo usuário;
- Técnica de solução baseada no balanço de energia para as cargas térmicas prediais, que permite o cálculo simultâneo dos efeitos radiante e convectivo na superfície interior e exterior, durante cada intervalo de tempo;
- Condução de calor transiente através dos elementos de fechamento da edificação, usando funções de transferência e um modelo de conforto térmico, baseado na atividade, temperatura de bulbo seco interna e umidade relativa;
- Modelo de cobertura do céu anisotrópico para cálculos mais complexos da radiação difusa sobre superfícies inclinadas;
- Cálculo de balanço de calor de janelas que permite o controle eletrônico de persianas, balanço térmico camada por camada, o que permite a identificação do comprimento de onda da energia solar absorvida pelo vidro da janela;

- Possui uma biblioteca versátil com diversos modelos comerciais de janela; controle da luz do dia, incluindo cálculos da iluminância interior, controle dos brilhos das luminárias e do efeito da iluminação artificial;
- Sistemas de condicionamento de ar configuráveis, que permitem ao usuário simular sistemas típicos comuns e sistemas poucos modificados, sem ter que recompilar o código fonte do programa.

Além disso, o programa *EnergyPlus* integra vários módulos que trabalham juntos para calcular a energia requerida para aquecer ou resfriar um edifício usando uma variedade de sistemas e fontes de energia. Tal objetivo é alcançado a partir de simulações da edificação em estudo e seus sistemas de funcionamento associados a diferentes condições ambientais e operacionais. A essência da simulação está no modelo do edifício que utiliza princípios fundamentais de balanço energético.

Entrada e saída de dados, variáveis de inicialização, cálculos e atualização de variáveis tem sido tradicionalmente manipuladas dentro do corpo do software *EnergyPlus*. No formato do programa, cada uma dessas funções é controlada por sub-rotinas separadamente, de modo que modificações específicas e atualizações de determinado procedimento de cálculo tornam-se mais fáceis de serem realizadas no código fonte devido a essa modularização do programa (CLEMENTS, 2004).

Apesar de se lidar com construções acima do nível do solo de modo consideravelmente simples no *EnergyPlus*, a simulação de superfícies em contato com o solo torna-se mais desafiadora. Tal fato verifica-se devido aos efeitos de transferência de calor tridimensionais do solo serem mais pronunciados e, conseqüentemente, não se comportam de modo eficaz para aproximações unidimensionais tão prontamente como a transferência de calor através de outras superfícies tal como as paredes de uma edificação (CLEMENTS, 2004). A transferência de calor do solo também depende de flutuações de temperatura ao longo de um prazo muito mais longo do que o passo de tempo sub-horário padrão da simulação, criando desafios adicionais para o modelo de simulação.

Como resultado, o cálculo da transferência de calor é realizado dentro do *EnergyPlus* por sub-rotinas específicas ou, de forma mais precisa, a função de transferência de calor do solo é desacoplado do módulo de simulação do

EnergyPlus primário e um módulo de pré-processador separadamente manipula os cálculos. Esses pré-processadores auxiliares do *EnergyPlus* são denominados *Slab* e *Basement*. Detalhes sobre como simular os cômodos das edificações que estão em contato com o solo, no programa *EnergyPlus*, encontram-se em um manual de simulação no Apêndice A.

2.2.1 *EnergyPlus: Slab*

Um modelo aplicando o método em diferenças finitas para lajes sobre o solo é implementado com o intuito de simular a transferência de calor em superfícies horizontais de uma edificação que estão em contato com o solo. O modelo é capaz de simular a transferência de calor de superfícies horizontais de um edifício por meio do domínio *Slab*. Esse pré-processador é capaz de simular a transferência de calor para lajes apoiadas diretamente sobre o solo (*ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION*, 2016).

O modelo desenvolvido por Bahnfleth (1989) para determinar o fluxo de calor através da laje de uma edificação em contato com o solo, levando-se em consideração a influência do solo, possui as seguintes vantagens:

- O modelo permite que a simulação empregue uma técnica de solução explícita;
- O modelo fornece um equilíbrio da equação de calor detalhada incluindo a radiação, convecção, condução, cobertura de neve e evapotranspiração;
- As propriedades do solo e concreto podem ser variáveis;
- O modelo permite a modelagem de lajes retangulares e em forma de L;
- A simulação adota um passo de tempo horário.

2.2.1.1 *Abordagem*

O modelo de Bahnfleth (1989) é capaz de lidar com diferentes configurações de lajes e tipos de isolamento e utiliza uma formulação em diferenças finitas para determinar as temperaturas no solo. Como resultado, a simulação é estável para todos os passos de tempo e tamanhos de grades da malha de diferenças finitas, mas um circuito de iteração deve ser adotado para convergir as temperaturas no domínio para cada passo de tempo. As superfícies horizontais múltiplas podem ser

acopladas a cada objeto do domínio *Ground* (solo), porém o modelo determina que seja criada uma superfície de área equivalente da superfície dentro do domínio *Ground*. Esta superfície, em seguida, interage com o solo fornecendo as temperaturas atualizadas e outras condições de contorno das superfícies do modelo que estão em contato com o solo para aplicar os cálculos do balanço de calor (*ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION*, 2016).

2.2.1.2 Método de Simulação

O domínio *Ground* é atualizado a cada iteração para cada zona simulada, ou a cada hora, conforme especificado pelo usuário. Para situações em que o domínio *Ground* é atualizado a cada iteração, o domínio é simulado aplicando as condições de contorno do fluxo de calor na superfície da iteração anterior e um novo cálculo do objeto *OthersideConditionsModelTemperature* é realizado. Em seguida, o algoritmo para o cálculo do balanço de calor da superfície pode considerar as novas temperaturas da parte externa da superfície da laje em contato com o solo para atualizar o fluxo de calor da superfície da laje. Para situações em que o usuário opte por ter a atualização do domínio em passos de uma hora, o balanço de calor na superfície para cada uma das superfícies acopladas é agregado e passado para o domínio de simulação das zonas da edificação como um fluxo médio de calor na superfície, da hora anterior, que atualiza as temperaturas da superfície do lado externo da laje em contato com o solo para a próxima iteração do balanço de calor de superfície. Para os dois tipos de passos de tempo definido pelo usuário (iteração ou horário) os dados de saída gerados pelo *Slab* são os mesmos: fluxo de calor da superfície e temperatura da superfície para a zona da edificação em contato com o solo.

2.2.2 EnergyPlus: Basement

O módulo *Basement* é desenvolvido como um complemento para o módulo *Slab* onde várias das características adotadas neste modelo são as mesmas utilizadas para o cálculo do *Slab*.

2.2.2.1 Abordagem

No *EnergyPlus*, a sub-rotina e o pré-processador generalizado capaz de lidar com várias configurações de isolamento e superfície de ambientes subterrâneos é o *Basement*. Estes métodos utilizam uma formulação em diferenças finitas que é usado para determinar as temperaturas do solo. Como resultado, a simulação é estável para todos os passos de tempo e tamanhos de grades, mas um *loop* de iteração¹⁰ deve ser empregado para convergir temperaturas no domínio para cada passo de tempo (*ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION*, 2016).

Várias zonas do cômodo subterrâneo são lançadas a cada objeto do domínio *Basement*. O modelo determina que as superfícies do nível simulado sejam acopladas a esse domínio e cria uma superfície de área equivalente como uma representação das superfícies horizontais acopladas ao domínio. O fator de forma definido pelo utilizador, que é a razão da largura do cômodo subterrâneo pelo comprimento, juntamente com a área da superfície total de todas as superfícies ligadas a este pavimento do cômodo subterrâneo definem o tamanho e a forma do cômodo subterrâneo que é simulado.

A profundidade vertical do ambiente abaixo da superfície do solo é especificada pelo usuário. Para situações em que a superfície do solo esteja abaixo no nível do pavimento superior, uma superfície separada deve ser empregada para preencher o espaço existente entre o domínio do solo e o primeiro pavimento acima do nível do solo.

2.2.2.2 Métodos de Simulação

As edificações em contato com o solo, no programa *EnergyPlus*, podem ser simuladas de diferentes maneiras: inserindo as temperaturas médias mensais do solo no objeto *GroundTemperature:BuildingSurface*; usando as de sub-rotinas do objeto *Ground Domain*; ou ainda utilizando o objeto *Detailed Ground Heat Transfer* que engloba o pré-processador *Basement*. Na presente pesquisa apenas os métodos *Ground Domain* e o *Detailed Ground Heat Transfer* são considerados nas simulações por serem mais precisas que o objeto

¹⁰ Método utilizado em algoritmos onde uma série de comandos é repetida enquanto uma determinada condição for verdadeira. Quando a condição se tornar falsa, a repetição termina.

GroundTemperature:BuildingSurface, onde somente é informada a temperatura média mensal da superfície do solo.

2.2.2.2.1 *Ground Domain*

Este objeto é capaz de lidar com diferentes configurações de isolamento térmico a partir de um modelo em diferenças finitas implícito capaz de fornecer as temperaturas do solo. Para calcular a transferência de calor das superfícies horizontais da edificação que estão em contato com o solo três diferentes métodos foram considerados para obter as temperaturas não perturbadas do solo. As temperaturas não perturbadas equivalem às temperaturas que o solo apresentaria caso não estivesse sendo "perturbado" por algo, como por exemplo, uma edificação. Os modelos de temperaturas não perturbadas do solo adotados na presente pesquisa são:

- *FiniteDifference*: este objeto utiliza um modelo em diferenças finitas para obter a transferência de calor no solo. Um arquivo climático é utilizado para obter as condições de contorno da superfície. Inicialmente, é executada a simulação anual do modelo, até que o perfil de temperatura anual do solo alcance um comportamento periódico constante. Uma vez que esse comportamento de equilíbrio é atingido, as temperaturas do solo são armazenadas para serem utilizadas durante o restante da simulação.
- *KusudaAchenbach*: este objeto fornece as temperaturas não perturbadas do solo com base na correlação desenvolvida por Kusuda e Achenbach (1965). Esse método utiliza como parâmetros a temperatura média do solo na superfície, a amplitude da temperatura do solo na superfície e o dia do ano no qual a temperatura da superfície atinge o valor mínimo e, desse modo, o método é capaz de definir uma correlação para as temperaturas não perturbadas do solo em função da profundidade e do tempo.
- *Xing*: método que fornece as temperaturas não perturbadas do solo baseada na correlação desenvolvida por Xing (2014). A correlação é composta por cinco parâmetros (média anual da temperatura do solo na superfície, duas amplitudes da temperatura do solo na superfície e dois ângulos de fase da temperatura do solo) e um modelo de dois harmônicos. Os dados fornecidos

pele arquivo climático do local analisado é utilizado para obter as condições de contorno da superfície.

Após determinar o método numérico de simulação (*FiniteDifference*, *KusudaAchenbach* ou *Xing*) que será utilizado na análise também é necessário utilizar o objeto *GROUNDDOMAIN:BASEMENT* para concluir a simulação. Este objeto é responsável por simular, no *EnergyPlus*, a transferência de calor acoplada ao solo com edificações contendo zonas subterrâneas. As superfícies dessas zonas subterrâneas no *EnergyPlus* interagem com o objeto *GroundDomain:Basement* utilizando o objeto *SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel* (OSCM). Dois OSCM são necessários, individualmente, para simular as superfícies verticais e horizontais do cômodo subterrâneo. As superfícies das paredes verticais vão interagir com a primeira OSCM (superfície horizontal), enquanto a superfície de piso horizontal interage com a segunda OSCM (superfície vertical). O piso do ambiente subterrâneo e as paredes são simulados por modelos de equilíbrio de calor da superfície dentro do *EnergyPlus*. O isolamento horizontal e vertical do domínio *GroundDomain* é simulado pelo *solver* de diferenças finitas. Na Figura 2.1, a linha tracejada define a interface *OtherSideConditionsModel* vertical separando os dois domínios do modelo. Esta metodologia aplica-se ao piso do ambiente subterrâneo e às paredes deste.

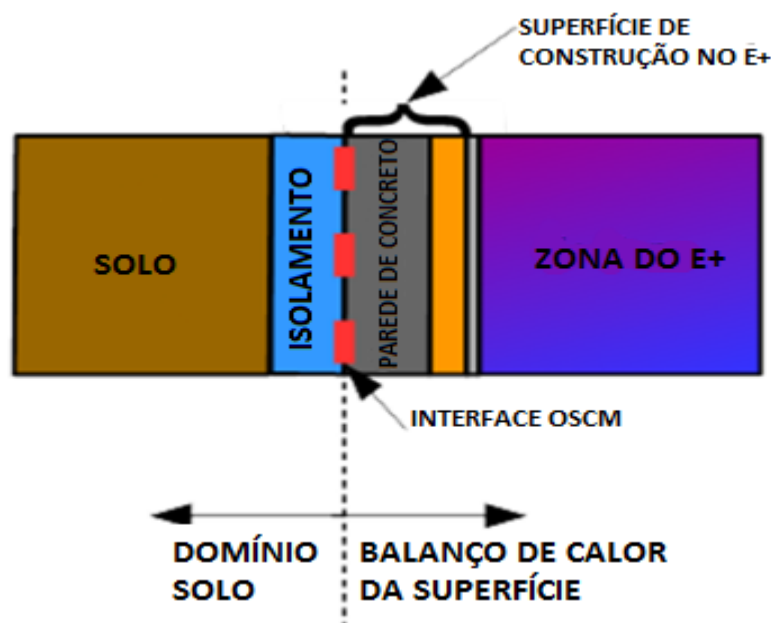


Figura 2.1: Exemplo da superfície do cômodo subterrâneo no módulo *Basement*.
Fonte: *ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION*, 2016.

2.2.2.2.2 Detailed Ground Heat Transfer

Há duas dificuldades por trás da adição de cálculos de transferência de calor envolvendo o solo no *EnergyPlus*. A primeira envolve o fato que os cálculos da condução de calor no *EnergyPlus* (e anteriormente no DOE-2 e BLAST) são unidimensionais e os cálculos de transferência de calor no solo são bi ou tridimensionais. Tal fato provoca graves problemas de simulação, independentemente dos métodos utilizados para o cálculo da transferência de calor no solo. A outra dificuldade é relacionada à escala de tempo envolvida em ambos os processos ser diferente. Basicamente, o modelo de cálculo das zonas da edificação no *EnergyPlus* está em uma escala de tempo horária enquanto o modelo de transferência de calor no solo está em uma escala de tempo mensal. Conseqüentemente, o modelo de cálculo do *EnergyPlus* deve ser baseado no balanço térmico de energia consideradando como a base para a simulação um momento presente (dados horários) relacionado há algum tempo no futuro (dados mensais). Desse modo, o *EnergyPlus* é capaz de relacionar cálculos de transferência de calor de edificações em contato com o solo por meio desse modelo.

O modelo executado no *EnergyPlus* para as diversas zonas pertencentes ao ambiente subterrâneo da edificação considera todas as zonas como uma única zona térmica e realiza um balanço de energia sobre esta zona. Uma suposição fundamental na modelagem é que as faces dessa zona são planos isotérmicos. Um cálculo de transferência de calor no solo geralmente considera toda a edificação e o solo que o rodeia, resultando em planos de face não isotérmicos, nas faces onde há contato com o solo. Embora não seja impossível imaginar uma multi-zona, em modelos que incluem a edificação o solo circundante, gerando assim superfícies de construção não isotérmicas e isotérmicas, tais modelos não são práticos nem viáveis computacionalmente (EERE, 2016).

Diante desses fatos a equipe de desenvolvimento *EnergyPlus* aborda o problema e decide que o primeiro passo mais razoável é desacoplar parcialmente o cálculo de transferência de calor do solo do cálculo das zonas térmicas da edificação em estudo. O parâmetro mais importante para o cálculo da zona de uma edificação é a temperatura da face externa da superfície do edifício que está em contato com o solo. Assim, isto se torna um "plano de separação" razoável para a obtenção dos

dois cálculos. Decide-se ainda que a utilização atual da temperatura média mensal do solo é razoável para esta temperatura do plano de separação, uma vez que as escalas de tempo dos processos de transferência de calor do edifício são muito mais curtas do que as dos processos de transferência de calor no solo.

Utilizando essa premissa do “plano de separação”, desenvolve-se então um programa tridimensional para calcular a transferência de calor do solo para lajes: *Slab*, baseando-se, originalmente, no modelo numérico desenvolvido por Bahnfleth (1989) para gerar as temperaturas da face externa da laje da edificação em contato com o solo. Um programa *Basement 3D* com base no modelo desenvolvido por Cogil (1998) também é incluído no *EnergyPlus*. Ele usa o mesmo princípio que o procedimento do *Slab*: determina a temperatura da face externa (superfície) das paredes e do piso de um ambiente subterrâneo em contato com o solo.

Deve-se notar que para as lajes ou os porões a transferência de calor no solo é geralmente pequena, a menos que o edifício seja muito pequeno ou possua algumas características especiais. Sendo assim, segundo o manual *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a), toda análise no *EnergyPlus* de superfícies que estão em contato com o solo, em que uma maior precisão seja requerida, é importante especificar apropriadamente as temperaturas do solo. Desse modo, não deve ser utilizado às temperaturas “não perturbadas” do solo geradas a partir dos dados meteorológicos fornecidos pelos arquivos climáticos. Ainda, segundo o manual *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a), estes valores fornecidos pelos objetos *GroundDomain* e *GroundTemperature:BuildingSurface* são demasiadamente extremos para o solo sob um edifício condicionado. Para obter melhores resultados é importante utilizar o pré-processador *Basement* (ou o objeto *Detailed Ground Heat Transfer*).

O pré-processador *Basement*, descrito nesta seção, é utilizado para calcular as temperaturas médias mensais de solo de forma personalizada. Este procedimento de simulação é especialmente importante para aplicações residenciais e em edifícios muito pequenos. O *Auxiliary Programs Manual* ainda informa que a desconsideração do pré-processador *Basement*, nas análises da temperatura interna de edifícios comerciais típicos dos EUA e condicionados artificialmente, resulta em uma redução

da temperatura que chega a ser de até 2°C abaixo da temperatura média do ar no ambiente interno (EERE, 2016a).

Desse modo, o método mais eficaz e que leva em consideração o maior número de parâmetros no cálculo da transferência de calor envolvendo o solo é o objeto "*DetailedGroundHeatTransfer:Basement*". Este objeto pode ser utilizado individualmente por meio de um pré-processador (*Basement*), onde os resultados gerados pela simulação do ambiente subterrâneo são utilizados na simulação do restante da edificação no *EnergyPlus* ou, de modo mais simplificado, dentro da própria simulação da edificação no *EnergyPlus* (*DetailedGroundHeatTransfer:Basement*), onde os resultados são fornecidos automaticamente.

2.3 Normas Brasileiras de Desempenho de Edificações

As normas de desempenho térmico são importantes instrumentos para garantir exigências mínimas e melhorar as condições de conforto na edificação. Elas têm como objetivo avaliar e regular os ganhos de calor através da envoltória de edificações, permitindo identificar os sistemas de construção mais adequados para uma determinada região climática.

Em 2005, é publicada a norma NBR 15220 (ABNT, 2005), dividida em cinco partes, definindo o zoneamento bioclimático brasileiro e as estratégias bioclimáticas para edificações de interesse social. A primeira parte da norma apresenta as definições de conceitos relacionados ao desempenho térmico, enquanto que na segunda parte apresentam-se os métodos de cálculo das grandezas envolvidas. A parte 3 da norma define o zoneamento bioclimático brasileiro, com oito zonas bioclimáticas e suas respectivas diretrizes construtivas. O zoneamento proposto pela norma é desenvolvido dividindo-se o território brasileiro em 6500 células, com 36 km de lado em cada uma delas, caracterizadas pelas médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e umidades relativas do ar. Dentre as 6500 células, somente 330 possuíam dados climáticos medidos, sendo que para as demais células o clima é estimado por interpolação (FERREIRA, 2016). Para a classificação do clima para cada uma das células, aplicou-se o Diagrama Bioclimático (GIVONI, 1992) com algumas adaptações, agrupando então as células classificadas com um mesmo tipo

climático (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 2001). As recomendações de projeto expostas na norma NBR 15220 (ABNT, 2005) são referentes ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social e tomam como base parâmetros e condições de conforto fixados.

Para melhorar a qualidade das edificações residenciais brasileiras é publicada também a norma NBR 15575 (ABNT, 2008). Após anos de revisões e consultas públicas, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) entrou em vigor, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho, de vida útil e de garantia para os diversos sistemas que compõem as edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares (SILVA et al., 2014).

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013), estabelece três procedimentos informativos para a avaliação da adequação de desempenho térmico de habitações: o procedimento simplificado, por simulação computacional e por medições realizadas nas edificações ou em protótipos em escala real. Esta norma ainda é dividida em seis partes: Parte 1 - Requisitos gerais; Parte 2 - Sistemas estruturais; Parte 3 - Sistemas de pisos; Parte 4 - Sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5 - Sistemas de cobertura; e Parte 6 - Sistemas hidrossanitários.

Pelo procedimento simplificado, os fechamentos externos (paredes e coberturas) devem atender aos critérios especificados na norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013b) e na norma NBR 15575-5 (ABNT, 2013c). Esses critérios referem-se à transmitância térmica, capacidade térmica e área de ventilação. Além dos critérios para os fechamentos, a norma estabelece também critérios quanto ao tamanho das aberturas para ventilação dos ambientes de permanência prolongada. Caso estes critérios não sejam atendidos, há a possibilidade de comprovar o desempenho térmico adequado da edificação por meio do procedimento de simulação. A edificação deve ser modelada conforme as características de projeto e as simulações são realizadas para um dia típico de verão e de inverno. Ainda conforme a mesma norma um dia típico de verão e inverno é definido como um dia real caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos (verão) e

radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais frio do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos (inverno).

Inicialmente, a ventilação natural dos ambientes é avaliada utilizando-se taxas de ventilação e/ou renovação do ar constante com taxas de 1 ren/h, conforme especificações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Para o dia típico de verão as condições térmicas no interior do edifício devem ser melhores ou iguais às do ambiente externo (à sombra), ou seja, o valor máximo diário da temperatura do ar interior deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. Já para o dia típico de inverno as condições térmicas no interior do edifício devem ser melhores que do ambiente externo, ou seja, os valores mínimos diários da temperatura do ar interior devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C. Se a zona simulada da edificação não atender aos critérios estabelecidos para o verão, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) exige que uma nova simulação seja realizada onde a configuração da taxa de ventilação passe a ser de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5 ren/h) e considere-se a inserção de dispositivo de proteção solar nas janelas (sombreamento).

Uma das principais críticas direcionadas à norma NBR 15575 (ABNT, 2013) está no fato desta norma basear seu método de avaliação por simulação em dias típicos. Segundo Mascaró (1983), o projeto bioclimático deve ter como base condições climáticas típicas ou normais e não condições extremas, como são caracterizados os dias típicos. Barbosa (1997) também apresenta objeções em relação ao uso dos dias típicos de projeto ao invés de arquivos climáticos que possibilitem simulações por períodos superiores a um único dia, permitindo assim abranger alterações climáticas comuns em algumas localidades do Brasil. Mais recentemente, Sorgato, Melo e Lamberts (2013) constatam que a configuração dos dias típicos de verão e de inverno, recomendados pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), influencia diretamente a avaliação do desempenho térmico de edificações. Os autores identificam resultados diversificados entre si de acordo com os valores adotados como dados de entrada para os parâmetros não estabelecidos relacionados ao dia típico, tais como o tipo de céu e a data do dia típico de projeto que irão influenciar na irradiação solar que atinge as superfícies da edificação (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

Alguns estudos para avaliar a aplicabilidade da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) também são desenvolvidos. Brito, Akutsu e Tribess (2011) concluem que edificações que obtivem o desempenho mínimo estabelecido pela norma, para a cidade de São Paulo, não garantem conforto térmico segundo a norma ISO 7730 (ISO, 2006). Pereira e Ferreira (2014) realizam uma avaliação de desempenho térmico de uma edificação multifamiliar segundo os critérios da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e o critério de conforto da ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013), em diferentes zonas bioclimáticas, e os resultados mostram que há uma dissociação entre o desempenho e o conforto térmico. Os autores observam que os sistemas construtivos que atendem aos critérios da norma não garantem condições de conforto aos usuários na maioria das zonas bioclimáticas, questionando, assim, o método de avaliação de desempenho proposto pela norma, principalmente a simulação por dia típico e a comparação das temperaturas internas com as externas máximas ou mínimas (PEREIRA; FERREIRA, 2014). Silva et al. (2014) analisam a incerteza de valores subjetivos adotados para as variáveis desconsideradas pelo método de simulação da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) em relação aos resultados dos níveis de classificação de desempenho térmico para uma habitação. Os autores concluem que as variáveis desconsideradas pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) na criação de um dia típico para simulação exercem considerável influência nos resultados dos níveis de classificação do desempenho térmico, gerando imprecisão nos resultados, e que a variável de maior influência para a análise no verão e inverno, para todos os modelos analisados, é o tipo de céu (SILVA et al., 2014).

Contudo, apesar de todas as críticas sofridas pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e de suas limitações, esta norma ainda representa um avanço para o setor da construção civil no Brasil, caracterizando um passo importante para a qualidade das edificações e seu desempenho nas diversas vertentes. A norma que estabelece requisitos referentes ao desempenho das edificações, representado por níveis mínimos de desempenho, os quais devem ser obrigatoriamente atendidos, ainda é uma das alternativas mais confiáveis para a comparação dos resultados obtidos para uma edificação em relação ao seu desempenho.

3. MÉTODOS NUMÉRICOS APLICADOS NO *ENERGYPLUS*

Longos tempos de execução e de entrada de dados têm sido tradicionalmente os principais fatores na relutância dos projetistas que desenvolvem modelos numéricos detalhados para os processos de transferência de calor aplicados às edificações (CLEMENTS, 2004). Para remediar tais problemas vários recursos têm sido adicionados aos modelos de transferência de calor das fundações e ambientes subterrâneos do *EnergyPlus*. No programa, o modelo utilizado no módulo *Slab* para o cálculo da transferência de calor da fundação baseia-se fundamentalmente no modelo de Bahnfleth (1989). Já o módulo *Basement* baseia-se basicamente no modelo desenvolvido por Cogil (1998).

Além disso, com a evolução das pesquisas nesse meio, diversos modelos numéricos têm sido implementados nas sub-rotinas do *EnergyPlus*. São analisados, nos itens 3.1 ao item 3.4, alguns dos principais modelos utilizados no desenvolvimento do módulo *Basement*, bem como os métodos desenvolvidos por diversos pesquisadores, que, posteriormente, foram inseridos nas formulações do *EnergyPlus* para os diversos tipos de procedimentos de simulação de cômodos subterrâneos encontrados no *Software*.

3.1 Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Kusuda-Achenbach”

A formulação desenvolvida por Kusuda e Achenbach (KUSUDA; ACHENBACH, 1965) (Equação 3.1) modela a distribuição vertical da temperatura do solo a partir de uma correlação harmônica no tempo como função da profundidade abaixo da superfície do solo e do tempo. A temperatura média anual da superfície do solo, a amplitude da temperatura da superfície do solo para o ano analisado, o dia da temperatura superficial mínima e a difusividade térmica do solo são os parâmetros necessários na formulação.

$$T(z, t) = T_s - \Delta T_s \cdot e^{-z \cdot \sqrt{\frac{\pi}{\alpha_s t_p}}} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{\alpha_s t_p} - \theta\right) \quad (3.1)$$

onde $T(z, t)$ expressa a temperatura não perturbada do solo como uma função do tempo e da profundidade (°C ou K); T_s é a temperatura média anual da superfície do solo (°C ou K); ΔT_s é a amplitude da mudança da temperatura do solo ao longo do

ano ($^{\circ}\text{C}$ ou K); θ é o deslocamento de fase ou o dia que possui a menor temperatura superficial do solo; α_s é difusividade térmica do solo (m^2/dia); t_p é a constante de tempo igual a 365 (dia); z é a profundidade do solo abaixo da superfície (m).

Segundo Kusuda e Achenbach (1965) esta função (Equação 3.1) não representa o melhor modelo matemático possível do ponto de vista meteorológico ou geofísico, mas é satisfatória para efeitos de análise de transferência de calor em estruturas subterrâneas. Na pesquisa desenvolvida por Kusuda e Achenbach (1965) os registros dos ciclos de temperatura médias mensais do solo, para vários anos, são ajustados à Equação 3.1 por um método de mínimos quadrados. Isto é, os valores das constantes da equação são determinados, de modo que a soma dos quadrados das diferenças entre a curva harmônica ajustada e os valores observados é mínima. Além disso, os valores para as difusividades térmicas são determinadas para um dado solo por teste laboratorial ou ainda por correlações de valores de condutividade térmica, densidade e calor específico, se o tipo de solo e seu teor de umidade são conhecidos.

Ainda de acordo com Kusuda e Achenbach (1965), a profundidade máxima considerada nas análises da condução de calor de cômodos subterrâneos deve ser tomada, aproximadamente, entre 3 e 6 metros da superfície do solo. Nas análises realizadas para 63 locais distintos dos Estados Unidos Kusuda e Achenbach (1965) observam que os valores máximos e mínimos das temperaturas médias do solo para profundidades superiores a 3 metros abaixo da superfície do solo são consideradas mais eficazes do ponto de vista de uma análise de transferência de calor de cômodos subterrâneos. Estas análises indicam que a temperatura média anual do solo, na faixa de profundidade estudada, é constante em relação à profundidade e está muito próxima à temperatura média anual do ar.

Kusuda e Achenbach (1965) também afirmam que o tratamento matemático da temperatura do solo usualmente se inicia com a suposição de que o solo é um meio homogêneo de um sistema sólido semi-infinito, cuja difusividade térmica deve ser considerada constante em toda a sua extensão e que a temperatura da superfície exposta à atmosfera varia periodicamente com o tempo. De modo que, com essas premissas, é possível aplicar uma análise de condução de calor simplificada para

solos não perturbados e também fazer uma simplificação da consideração da difusividade térmica do solo aplicável à Equação 3.1.

3.2 Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Finite Difference”

O método de diferenças finitas adotado no *EnergyPlus* utiliza um modelo de solução implícita unidimensional de transferência de calor para determinar a temperatura estável anual do solo. O modelo, que utiliza passos de tempo diário, é executado por meio de uma simulação anual usando o arquivo de tempo fornecido pelo usuário para determinar as médias diárias da radiação horizontal global, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Uma vez que a temperatura do solo regular periódica é determinada, as temperaturas são armazenadas para uso posterior na simulação (*ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION*, 2016).

A base para o modelo é fundamentada nos conceitos desenvolvidos por Xing (2014) que adota um método explícito condicionalmente estável. Entretanto, os métodos numéricos são adaptados aos modelos descritos em Lee (2013) que utiliza um método de diferenças finitas implícito numericamente estável.

As condições de contorno do equilíbrio térmico da superfície do solo são semelhantes às descritas em Herb et al. (2008). A evapotranspiração é descrita por Allen e Lemon (1972 apud XING, 2014). Neste método, o congelamento do solo é obtido a partir do teor de umidade do solo.

Apesar de ser um método mais completo que o modelo desenvolvido por Kusuda e Achenbach (1965) este modelo não é capaz de considerar, de forma precisa, os efeitos de camadas vegetais, cobertura de neve, fluxo de água subterrânea, transporte de umidade no solo ou escoamento superficial.

3.2.1 Método numérico de Xing

Lord Kelvin desenvolve um modelo harmônico de ordem superior para estimar as temperaturas do solo (THOMSON, 1862 apud XING, 2014), como representado na Equação 3.2:

$$T_s(z, t) = T_{s,med} - \sum_{n=1}^{\infty} e^{-z \sqrt{\frac{n\pi}{\alpha_s t_p}}} T_{s,ampl,n} \cos \left[\frac{2\pi n}{t_p} (t - PL_n) - z \sqrt{\frac{n\pi}{\alpha_s t_p}} \right] \quad (3.2)$$

onde $T_s(z, t)$ é a temperatura não perturbada do solo à profundidade e época do ano (°C ou K); z é a profundidade do solo (m); t é o tempo, iniciando em primeiro de janeiro (dia); t_p é o período do ciclo de temperatura do solo que é igual a 365 (dia); α_s é a difusividade do solo (m²/dia); $T_{s,med}$ é a temperatura média anual do solo para diferentes profundidades e tempos (°C ou K); $T_{s,ampl,n}$ é a amplitude de superfície de ordem n , que pode ser assumida como sendo a metade da diferença entre a temperatura média mensal máxima e mínima (°C ou K) .

Os resultados da Equação 3.2 dependem de três tipos de parâmetros do modelo, que são a média anual da temperatura do solo, $T_{s,med}$, a amplitude anual da temperatura do solo na superfície, $T_{s,ampl,n}$, e o ângulo de fase, PL_n .

De uma forma simplificada, a norma ASHRAE (2013) publica um modelo para o aquecimento urbano que sugere o uso do modelo harmônico com três constantes: temperatura do solo média anual, $T_{s,med}$, a amplitude anual da temperatura do solo na superfície, $T_{s,ampl,1}$, e o ângulo de fase, PL'_n , para estimar as temperaturas não perturbadas do solo, como mostrado na Equação 3.3:

$$T_s(z, t) = T_{s,med} + e^{-z \sqrt{\frac{\pi}{\alpha_s t_p}}} T_{s,ampl,1} \sin \left[\frac{2\pi}{t_p} (t - PL'_n) - z \sqrt{\frac{\pi}{\alpha_s t_p}} \right] \quad (3.3)$$

O método dos mínimos quadrados é utilizado na formulação da Equação 3.3 de modo que os três valores das constantes são computados melhorando-se a temperatura média mensal do ar. Este procedimento de cálculo assume que a temperatura média mensal da superfície do solo é igual à temperatura média mensal do ar (XING, 2014).

Apesar da necessidade de conhecer a temperaturas do solo, a disponibilidade de estimativas para a temperatura do solo é muito limitada. Os manuais da ASHRAE (ASHRAE, 2013) apresentam apenas a temperatura do solo com base nos

resultados medidos há mais de meio século e só se aplicam aos EUA ou à América do Norte de modo que para locais diversos a obtenção desses dados torna-se menos acessível.

A fim de ampliar a forma de obtenção da temperatura do solo, o manual de aquecimento urbano apresentado na ASHRAE (ASHRAE, 2013) desenvolve um conjunto de dados para a temperatura do solo baseado numa suposição simplificada que funciona bem em climas temperados, mas leva a erros significativos nos resultados estimados para climas frios e climas áridos. Além disso, a temperatura do solo é uma estimativa, pois os três parâmetros do modelo apresentado na Equação 3.3 ainda são baseados na condução pura e negligenciam os efeitos da radiação solar, cobertura de neve, congelamento/descongelamento do solo e evapotranspiração (XING, 2014).

Diante desses fatos, para suprir essa necessidade de um novo modelo que leve em consideração todos os fatos anteriormente mencionados, Xing (2014) desenvolve um método simplificado com dois harmônicos que é validado para dezenove localidades dos Estados Unidos. O modelo de Xing (2014) baseia-se principalmente em cinco parâmetros: a temperatura média anual do solo, duas amplitudes de temperatura do solo na superfície e atraso de fase para prever a temperatura não perturbada do solo. O modelo numérico é utilizado para gerar coeficientes do modelo de dois harmônicos.

Neste método, desenvolve-se um modelo numérico de transferência de calor para estimar a temperatura não perturbada do solo sob variados tipos de coberturas do solo tais como grama alta e baixa, solo nu, asfalto e concreto. O modelo utiliza um balanço de calor acoplado com arquivos de tempo para calcular a temperatura do solo, incluindo a radiação de onda curta incidente sobre uma superfície horizontal de radiação, a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do vento. Também são estimados nesse modelo a densidade da vegetação e a profundidade da neve para cada local simulado. O congelamento e os efeitos da umidade também são considerados no modelo. A cobertura de neve é tratada como uma condição de contorno. Como hipóteses simplificadoras, o transporte de umidade dentro do solo é desprezado e o teor de umidade é mantido constante. As propriedades do solo são estimadas a partir da temperatura do solo medida utilizando o procedimento

recomendado por Kusuda e Achenbach (1965) onde o solo é considerado homogêneo e a difusividade do solo é estimada utilizando o ajuste de mínimos quadrados para os resultados medidos a partir da Equação 3.1.

Com base nos estudos realizados por Xing (2014), para o solo coberto de grama com possível congelamento/descongelamento, o domínio de simulação é de 22,2 metros de profundidade. Esse domínio é dividido em três camadas chamadas camada próxima à superfície do solo, camada central e uma camada na superfície inferior, conforme representado na Figura 3.1. O modelo utiliza o método das diferenças finitas numa malha uniforme, com células de espessura de 15 mm na camada superficial do solo (2m de profundidade) e perto da camada superficial inferior (0,2 m de profundidade). Assim, existem 133 e 13 células nestas duas camadas, respectivamente. Na camada central (20m de espessura), as células menores têm 15 mm de profundidade, localizadas na parte superior e inferior da camada central. O modelo numérico é baseado em uma formulação explícita de diferenças finitas, portanto, o passo de tempo máximo necessário para ser numericamente estável e convergente pode ser determinado a partir do tamanho da célula e da difusividade do solo. No modelo de Xing (2014) a formulação para calcular o fluxo de calor superficial segue a de Herb et al. (2008).

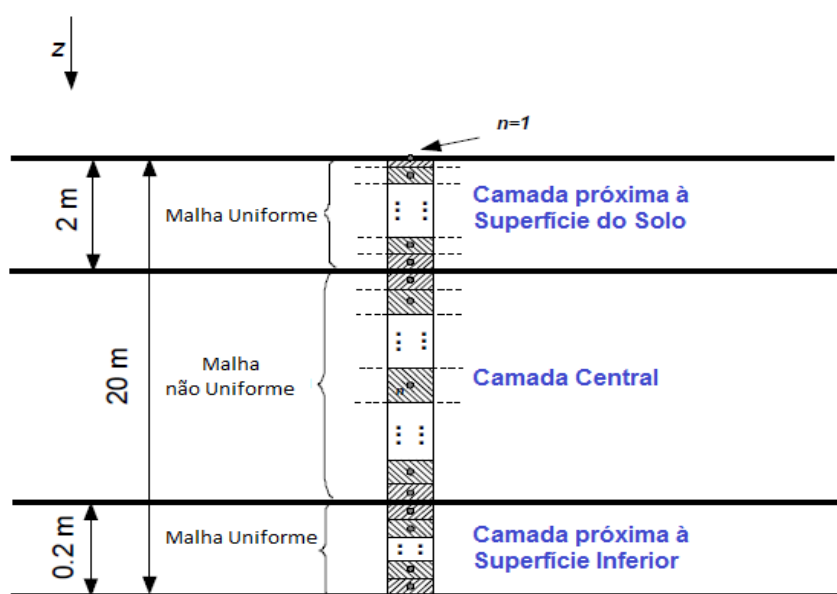


Figura 3.1: Detalhe da malha não uniforme para locais cobertos por grama.
Fonte: XING, 2014.

Geralmente, a formulação de um harmônico é suficientemente exata para aproximar a variação real da temperatura do solo para muitas aplicações de engenharia. No entanto, quando a precipitação, a queda de neve e o congelamento/descongelamento do solo ocorrem, em alguns locais um modelo harmônico de duas ordens é preferido. Assim, o modelo de dois harmônicos é usado por Xing (2014) para estimar a temperatura do solo para aplicações de engenharia, com mais precisão. A Equação 3.4 baseia-se nos seguintes parâmetros: temperaturas médias anuais do solo, amplitude da superfície e atraso de fase para estimar a temperatura do solo:

$$T_s(z, t) = T_{s,med} + \sum_{n=1}^2 e^{-z \sqrt{\frac{n\pi}{\alpha_s t_p}}} T_{s,ampl,n} \cos \left[\frac{2\pi n}{t_p} (t - PL_n) - z \sqrt{\frac{n\pi}{\alpha_s t_p}} \right] \quad (3.4)$$

onde $T_s(z, t)$ é a temperatura não perturbada do solo à profundidade e época do ano (°C ou K); z é a profundidade do solo (m); t é o tempo, iniciando em primeiro de janeiro (dia); t_p é o período do ciclo de temperatura do solo igual a 365 (dia); α_s é a difusividade do solo (m²/dia); $T_{s,med}$ é a temperatura média anual do solo para diferentes profundidades e tempos (°C ou K); $T_{s,ampl,n}$ é a amplitude de superfície de ordem n , que pode ser assumida como a metade da diferença entre a temperatura média mensal máxima e mínima; PL_n é o ângulo de fase do ciclo anual da temperatura do solo (dia).

Estes valores de parâmetros são estimados usando os resultados calculados a partir do modelo numérico unidimensional. Matematicamente, isso é feito minimizando a soma dos quadrados dos erros entre o modelo numérico e o modelo de dois harmônicos, conforme apresentado na Equação 3.5:

$$SSQE = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^k (T_{s,NM}(z(i), t) - T_{s,THM}(z(i), t))^2 \quad (3.5)$$

onde $SSQE$ é a soma do quadrado do erro; m é o número de profundidades onde os parâmetros são ajustados, por exemplo, para quatro profundidades, $m = 4$ (adimensional); z é a profundidade onde a temperatura do solo é estimada, nas

pesquisas de Xing (2014), $z(1) = 0,05$; $z(2) = 0,2$; $z(3) = 0,5$ e $z(4) = 1,0$ (m); k é o período de tempo, que é considerado para o ano todo, isto é $k = 365$ (dia); t é o dia do ano, de 1 a 365 (dia); $T_{s,NM}(z(i),t)$ é a temperatura não perturbada do solo calculada a partir do modelo numérico que é uma função da profundidade $z(i)$ e dias do ano t (°C ou K); $T_{s,THM}(z(i),t)$ é a temperatura não perturbada do solo calculada a partir do modelo de dois harmônicos que é uma função da profundidade $z(i)$ e dias do ano t , conforme mostrado na Equação 3.2 quando $n = 1$ e $n = 2$ (°C ou K).

O procedimento apresentado na Equação 3.5 é realizado para quatro profundidades distintas e por um período de um ano tratando a temperatura média anual do solo, a amplitude anual da temperatura da superfície e o atraso de fase como os parâmetros independentes que são ajustados para minimizar o *SSQE*. A partir deste procedimento a temperatura não perturbada do solo pode ser então calculada a partir do modelo harmônico com os valores dos parâmetros estimados. De acordo com Xing (2014) este procedimento de estimativa de parâmetros parece funcionar razoavelmente bem, mas é limitado pela pouca precisão dos dados de entrada do modelo numérico que utiliza dados meteorológicos medidos, e também pela forma simplificada do próprio modelo.

O modelo numérico de Xing (2014) é executado com o auxílio dos arquivos climáticos anuais do local simulado para assim gerar estimativas típicas da temperatura do solo. Contudo, o modelo baseia-se na difusividade do solo, densidade da vegetação e profundidade da neve, que variam para cada local, e esses valores não podem ser lidos dos arquivos de tempo. Portanto, procedimentos automatizados para estimar esses parâmetros para cada local também são desenvolvidos por Xing (2014). São eles:

- Uma difusividade constante do solo é assumida em cada local com um valor típico de $4,9 \times 10^{-7}$ m²/s. Valor este que de acordo com Hendrickx et al. (2003 apud XING, 2014) é equivalente ao solo argiloso com 60% de saturação do silte;
- Nos locais de climas de verão árido ou seco, a densidade de vegetação é fixada em 0,9. Em outros climas, a densidade da vegetação é de 1,0;

- Um modelo de neve foi desenvolvido que toma a profundidade da neve como dados de entrada. Um procedimento para estimar a espessura da cobertura de neve também é desenvolvido por Xing (2014).

Xing (2014) desenvolve tabelas para a obtenção dos valores das constantes presentes na Equação 3.4 para 4.112 locais diferentes em diversos países considerando solos com grama curta ou locais cobertos de grama alta. Mais especificadamente para São Paulo - SP, cidade que é objeto deste estudo, os valores para os parâmetros são:

- $T_{s,med} = 21,1^{\circ}C$;
- $T_{s,ampl,1} = -3,3$;
- $T_{s,ampl,2} = 0,8$;
- $PL_1 = 19$ dias;
- $PL_2 = -8$ dias.

3.2.2 Método numérico de Lee

Para determinar a troca de calor horizontal do solo próximo a uma laje ou cômodo subterrâneo de uma edificação, a interação térmica entre o solo e a zona da edificação pode ser significativa. Para a troca de calor onde ocorre a presença de tubulações da edificação muito próximas umas das outras, os efeitos de interferência térmica também podem ser relevantes. Desse modo, um modelo numérico para aplicações horizontais de troca de calor do solo é desenvolvido por Lee (2013), apresentando uma malha computacionalmente eficiente e uma colocação flexível das trocas de calor através das tubulações presentes no solo. O modelo integra o solo com as zonas da edificação e é capaz de simular o sistema solo-porão-tubulações por meio de algumas condições de contorno. O modelo é implementado dentro de um programa de simulação de energia de todo o edifício. O efeito da interação térmica a partir das tubulações é avaliado, incluindo os efeitos da direção do fluxo de fluido em tubos individuais. O modelo é validado usando dados experimentais obtidos em uma instalação de teste onde os dados da temperatura não perturbada do solo são usados para estimar as propriedades do solo. A obtenção da temperatura do fluido e da transferência de calor da zona é então realizada com os parâmetros estimados.

O modelo desenvolvido por Lee (2013) baseia-se no modelo desenvolvido por Xing et al. (2011 apud LEE, 2013) com os seguintes recursos adicionais:

- Acoplamento direto levando a um equilíbrio de calor da zona da edificação dentro de um ambiente de simulação da troca de energia de todo o edifício;
- Maior flexibilidade na colocação dos cálculos das tubulações;
- Análise de efeitos avançados, incluindo distribuições da temperatura envolvendo também uma análise da direção de fluxo com tubulações múltiplas;
- Eficiência computacional melhorada usando uma forma de desenvolvimento da malha de diferenças finitas mais eficiente em relação ao modelo de Xing et al. (2011 apud LEE, 2013).

O processo de troca de calor envolvendo o solo consiste na interação térmica entre um fluido que está sendo transportado através do solo, a massa de solo e as várias condições de contorno, incluindo a superfície do solo, o balanço térmico da zona e limite externo que é considerado na simulação. O domínio físico pode conter diversas tubulações localizadas perto de uma zona de cômodo subterrâneo, possivelmente na área de escavação do solo. Ao simplificar a geometria em um domínio de simulação cartesiana e assumir uma distância limite externa, o domínio de simulação (Figura 3.2) pode ser então implementado. Na Figura 3.2 a seção transversal do domínio contém uma região do cômodo subterrâneo e existem diversas tubulações colocadas no domínio analisado. O domínio consiste numa série de seções transversais bidimensionais uniformemente distribuídas na direção axial do tubo. Assim, todos os tubos e quaisquer outros objetos no domínio são paralelos e apresentam uma geometria uniforme ao longo do comprimento axial. Conforme é apresentado na Figura 3.2, a região do ambiente subterrâneo é uma seção retangular do domínio do solo que é "cortada". O tamanho do corte é variável e é selecionado para se adequar a aplicações particulares de cada modelo.

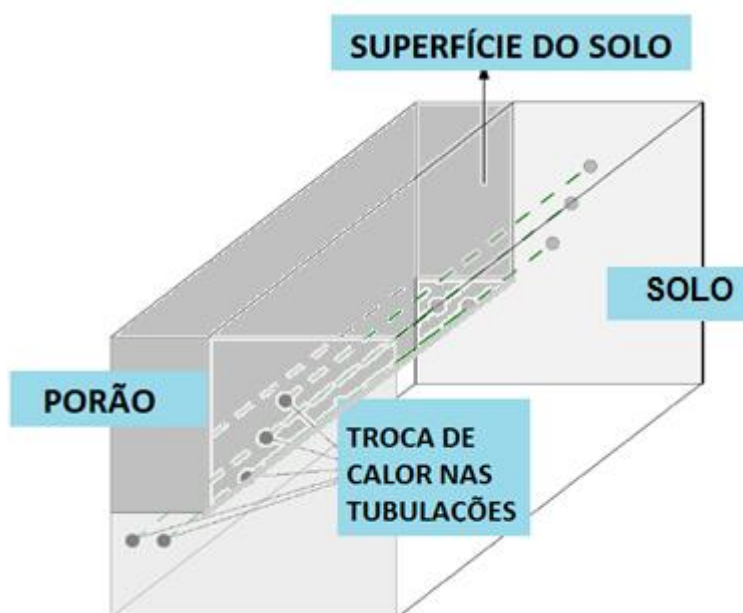


Figura 3.2: Possível domínio de simulação que inclui tubos de trocador de calor e uma zona do cômodo subterrâneo.
Fonte: LEE, 2013.

No modelo, o domínio de simulação consiste no solo somado a integração com a zona da edificação e sistemas de tubulação, junto com outras condições de contorno. O movimento da água subterrânea não está incluído no modelo, mas os efeitos de umidade estagnada no solo, incluindo o congelamento, são analisados. Os efeitos de transporte de umidade são excluídos porque os parâmetros necessários para os modelos de fluxo de água subterrânea são conhecidos somente em condições específicas (LEE, 2013). Sendo assim, a transferência de calor no solo é governada por um balanço energético transitório (Equação 3.6):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha_s \nabla^2 T \quad (3.6)$$

onde T é a temperatura (K); t é o tempo (dia); α_s é a difusividade térmica do solo (m^2/dia).

A Equação 3.6 é aplicada a uma malha criada no domínio onde o sistema de coordenadas é cartesiano, adequado para o domínio retangular (Figura 3.2). Como o domínio contém objetos além do solo, a malha é criada usando uma abordagem eficiente para realizar a sua divisão. As divisões verticais e horizontais da malha são alinhadas no domínio no local de cada tubulação. Uma única tubulação no domínio,

juntamente com as superfícies do cômodo subterrâneo, resulta em duas partições em cada uma das direções x e y, como mostrado na Figura 3.3(a). Cada divisão da malha possui um tamanho finito, grande o suficiente para conter o tubo ou a superfície do cômodo subterrâneo. As divisões verticais tornam-se uma única célula de largura, e as partições horizontais tornam-se uma única célula de altura como parte integrante da malha total.

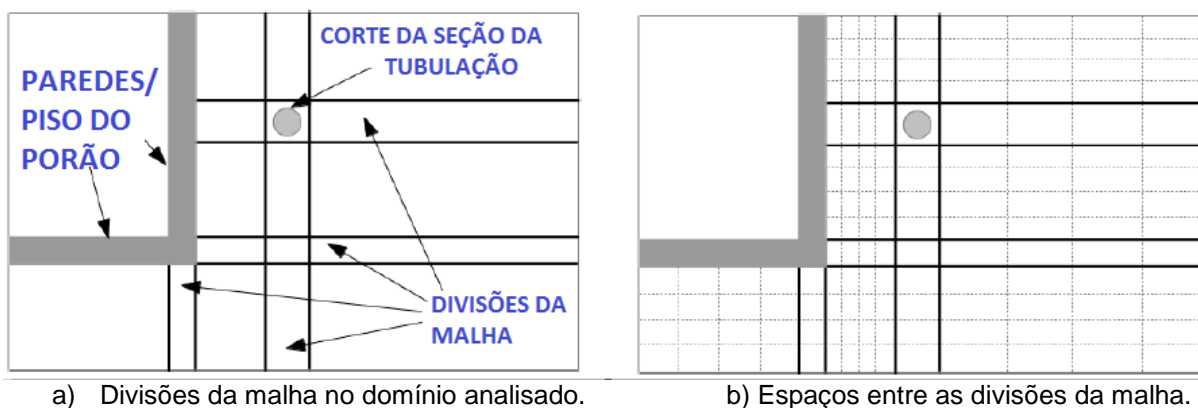


Figura 3.3: Visualização de domínio para o procedimento de desenvolvimento de malha.
Fonte: LEE, 2013.

As regiões entre as divisões do domínio que são selecionados na Figura 3.3(a) são distribuídas conforme apresentado na Figura 3.3(b). A distribuição geométrica uniforme da malha é calculada com base no número de células e um coeficiente de expansão (ζ). Como a distribuição geométrica é simétrica, um lado da região da malha é, em seguida, espelhado para a outra metade. A largura de cada célula é calculada conforme a Equação 3.7 e Equação 3.8:

$$\Delta x_1 = \frac{\Delta x_{região}}{2} \left[\sum_{j=0}^{\frac{N_{células}}{2}} \zeta^j \right]^{-1} \quad (3.7)$$

$$\Delta x_i = \Delta x_1 \zeta^i \quad (3.8)$$

A integração do balanço de calor da zona do edifício com o solo considerando também o fluxo de calor do fluido presente nas tubulações pode ser representada pelo balanço térmico apresentado pela Equação 3.9. O termo do lado esquerdo da Equação 3.9 apresenta a taxa de variação da energia no sistema. Já o primeiro

termo do lado direito representa a soma do ganho por calor interno do ar no espaço da zona da edificação (pessoas, equipamentos, luzes, etc.). O segundo termo representa o ganho de infiltração no espaço. O terceiro termo representa a transferência de calor por convecção em cada superfície. O último termo representa a energia fornecida pelo equipamento de condicionamento do sistema.

$$m_a c_{p,a} \frac{\partial T_a}{\partial t} = \sum_{i=1}^N \dot{q}_{int} + \dot{q}_{inf} + \sum_{i=1}^{N_{superf.}} \dot{q}_{conv} + \dot{q}_{sist}. \quad (3.9)$$

onde m_a é a massa do ar (kg); $c_{p,ar}$ é o calor específico do ar (J/kgK); \dot{q}_{int} e \dot{q}_{inf} correspondem a taxa de transferência de calor na face interna e externa da laje, respectivamente (W); \dot{q}_{conv} e $\dot{q}_{sist.}$: correspondem a taxa de transferência de calor por convecção e dos sistemas de condicionamento, respectivamente (W); N é o número ou a contagem de material ou propriedade.

Segundo Lee (2013), a transferência de calor através da superfície se dá por uma condução transitória, que é tipicamente modelada usando um algoritmo com base no método das diferenças finitas. Após determinar a transferência de calor da superfície por condução, a parte externa da superfície da zona da edificação é então acoplada ao domínio do solo. A solução das equações diferenciais, em conjunto com as condições de contorno iniciais e do domínio do solo, fornece o valor da temperatura média do solo que é, então, utilizada como condição de contorno para a obtenção do fluxo de calor nos ambientes subterrâneos da edificação. O domínio do solo usa esse fluxo de calor como valor limite para o cálculo das células adjacentes à superfície. No modelo numérico, o domínio do solo é resolvido com uma formulação numérica implícita estável o suficiente para garantir a eficiência dentro do ambiente de tempo variável. O sistema de equações é resolvido via iteração numérica até que a convergência, determinada por um valor máximo preestabelecido para a temperatura do solo, é alcançada.

O método numérico desenvolvido por Lee (2013) é implementado em *Fortran* como um modelo de componente para o desenvolvimento de um algoritmo central de simulação dentro do programa *EnergyPlus*. Esse novo algoritmo de solução garante uma maior flexibilidade ao simular as configurações de troca de calor envolvendo o solo a partir do modelo numérico de Lee (2013) que, por sua vez, adota muitos

conceitos abordados nos modelos de Xing et al. (2011 apud LEE, 2013) e Kusuda e Achenbach (1965), descritos anteriormente nas seções 3.2.1 e 3.1, respectivamente.

3.2.3 Método numérico de Herb et al.

Herb et al. (2008) desenvolvem um modelo para estimar a temperatura do solo para solos encobertos por vegetação e por superfícies impermeabilizadas na ordem de 10 metros de extensão e com uma resolução de tempo na ordem de 10 minutos. A formulação deste modelo inclui uma descrição de todos os processos envolvidos entre a atmosfera e a superfície do solo, bem como o processo de transferência de calor entre a superfície do solo e o escoamento de fluido superficial.

O modelo trata a cobertura vegetal sobre o solo como uma camada separada para a qual um balanço de calor é realizado, como mostrado na Figura 3.4. A temperatura da cobertura (T_c), a temperatura da superfície do solo (T_{ss}), a taxa de transferência de calor líquido na camada de cobertura ($q_{liq,c}$), e a taxa de transferência de calor líquida na superfície do solo ($q_{liq,ss}$), são todos calculados simultaneamente usando o balanço de calor na camada de cobertura do solo e na superfície do solo. Na Figura 3.4 mostra-se que o fluxo de calor líquido na superfície do solo é a soma do calor radiativo absorvido proveniente do céu e da camada de cobertura menos o calor de radiação emitido pela superfície do solo e o calor perdido para o ambiente por convecção e evaporação. Estes termos de transferência de calor são estimados a partir de dados meteorológicos, medidos por hora, da temperatura da superfície do solo na etapa do tempo anterior ($T'_{s,n}$) e da temperatura da cobertura (T_c) no passo de tempo atual. As temperaturas da superfície do solo e a temperatura da cobertura são calculadas num passo de tempo de 100 segundos. Durante este período, como a temperatura da superfície do solo não variaram significativamente nos testes realizados por Herb et al. (2008), torna-se razoável aproximar a taxa de transferência de calor superficial utilizando a temperatura de superfície do passo de tempo anterior (XING, 2014).

Com base no balanço de calor na camada de cobertura, a temperatura da cobertura do solo (T_c) é calculada em cada passo de tempo. O parâmetro densidade de vegetação (ν) é um fator de proteção médio da área que define a fração de radiação recebida que é bloqueada pela camada de cobertura do solo. Este fator também

ajuda a definir a porcentagem de área da superfície do solo onde ocorre a transferência de calor por convecção e evaporação na superfície da vegetação. Na superfície do solo que não é coberto pela camada de cobertura, a convecção e a evaporação do calor ocorrem diretamente com o meio ambiente.

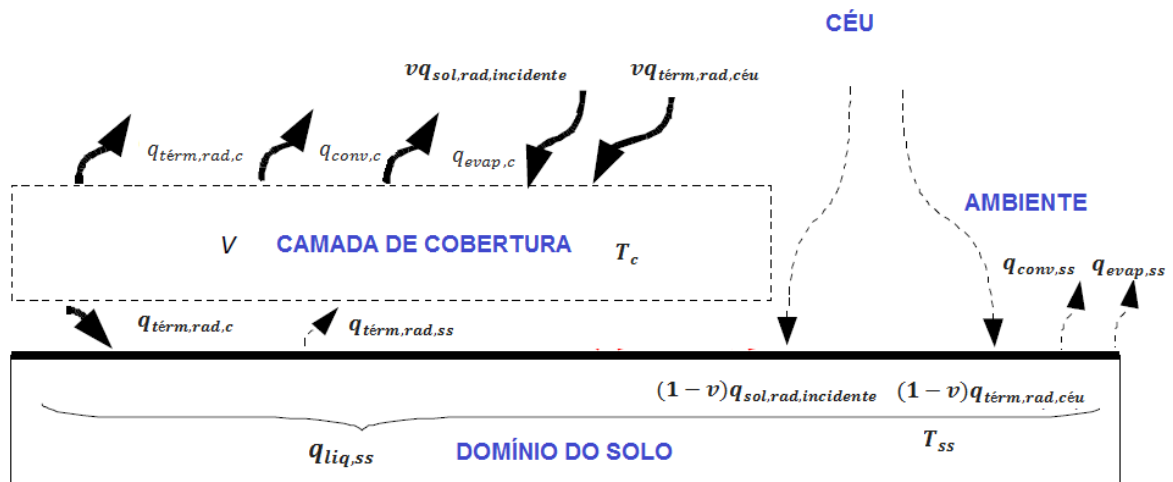


Figura 3.4: Principais componentes de fluxo de calor para o modelo de copa da planta.
Fonte: XING, 2014.

Se o solo estiver totalmente coberto pela camada de cobertura (densidade de vegetação $v=1$) toda a radiação de onda curta e onda longa proveniente do céu entra na camada de cobertura do solo. Ocorre assim a evaporação e também a convecção para o ambiente na superfície da camada e não existem transferências de calor por convecção ou evaporação entre a superfície do solo e o ambiente. A camada de cobertura e a superfície do solo trocam calor apenas por radiação. A troca de calor de convecção e evaporação entre a cobertura e a superfície do solo é considerada insignificante (BEST, 1998 apud HERB et al., 2008). Se o solo não possui cobertura ou é coberto por concreto ou asfalto (densidade de vegetação $v=0$) a camada de cobertura desaparece e a superfície do solo troca o calor diretamente com o céu e o ambiente. Se o solo estiver parcialmente coberto pela camada de cobertura (densidade de vegetação $0 < v < 1$) a radiação solar e a radiação de ondas longas do céu podem afetar tanto a camada de cobertura (v) como a superfície do solo ($1-v$). A radiação solar horizontal total é fornecida simplesmente como dados de entrada do arquivo de tempo. A partir de uma perspectiva da radiação de onda longa, a atmosfera da Terra é modelada como uma superfície com uma emissividade e temperatura efetivas conforme é mostrado na Equação 3.10. A

temperatura é simplesmente a temperatura do ar local. A emissividade efetiva do ar para condições de céu limpo ($CR = 0$) é calculada usando a expressão dada por Staley e Jurica (1972 apud HERB et al., 2008). A emissividade efetiva do ar para condições de céu “não claro” é calculada usando a Equação 3.11.

$$q_{t\acute{e}rm,rad.c\acute{e}u} = \varepsilon\sigma T_{ar.amb}^4 \quad (3.10)$$

$$\varepsilon_s = CR + 0,67(1 - CR)e_a^{0,08} \quad (3.11)$$

onde $q_{t\acute{e}rm,rad.c\acute{e}u}$ é a radiação térmica proveniente do céu (W/m^2); ε_s é a emissividade efetiva utilizada para estimar a radiação de onda longa proveniente da céu (adimensional); σ é a constante de Stefan-Boltzmann, que é $5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$; $T_{ar.amb}$ é a temperatura do ar (K); CR é a cobertura de nuvens, que varia de 0 (céu claro) a 1 (céu totalmente nublado); e_a é a pressão atmosférica do vapor de água (10^{-7} Pa).

De acordo com Herb et al. (2008) a transferência de calor na camada de cobertura e na superfície do solo são muito afetadas pela densidade da vegetação (v). Herb et al. (2008) calibraram este parâmetro usando resultados medidos em um local para cada condição de cobertura do solo e recomendaram que, para locais cobertos com grama curta, uma densidade de vegetação de 1,0 seria um valor padrão a ser utilizado. Já para locais cobertos por vegetação alta é recomendada uma densidade de vegetação de 0,95.

No modelo desenvolvido por Herb et al. (2008) a camada de cobertura tem massa térmica desprezível, de modo que todos os termos de transferência de calor podem se equilibrar instantaneamente. Conseqüentemente, o ganho de calor líquido na camada de cobertura torna-se uma função da temperatura da cobertura vegetal $q_{liq,f}(T_c) = 0$. Assim, a temperatura da cobertura vegetal pode ser calculada a partir da Equação 3.12:

$$q_{sol,rad,c} + q_{t\acute{e}rm,rad,c\acute{e}u,c} - 2q_{t\acute{e}rm,rad,c}(T_c) + q_{t\acute{e}rm,rad,ss} - q_{conv,c}(T_c) - q_{evap,c}(T_c) = 0 \quad (3.12)$$

onde $q_{liq,c}$ é o fluxo de calor total que entra na camada de cobertura (W/m^2); $q_{sol,rad,c}$ é a radiação solar absorvida pela vegetação da camada de cobertura (W/m^2); $q_{term,rad,céu,c}$ é a radiação térmica emitida pelo céu e que entra na vegetação (W/m^2); $q_{term,rad,c}$ é a radiação térmica emitida da vegetação (W/m^2); $q_{term,rad,ss}$ é a radiação térmica emitida pela superfície do solo (W/m^2); $q_{conv,c}$ é a perda de calor por convecção através da superfície da vegetação para o ar ambiente (W/m^2); $q_{evap,c}$ é a perda de calor por evaporação na superfície da vegetação para o ar circundante (W/m^2);

A radiação de onda curta do céu ($vq_{sol,rad,incidente}$) é parcialmente absorvida pela camada de cobertura do solo. Uma absorvidade de 0,8 é recomendada por Herb et al. (2008). Já para a emissividade da camada de cobertura é recomendado o valor de 0,95 e para a emissividade da superfície do solo 0,94. No modelo também é considerado que a camada de cobertura absorve todo o calor radiativo da superfície do solo e que a superfície do solo absorve todo o calor radiativo da camada de cobertura.

Já para locais cobertos por grama curta Herb et al. (2008) consideram a resistência aerodinâmica, que determina a transferência de calor e umidade da superfície da camada de cobertura do solo para o ar em função da velocidade do vento a fim de calcular o fluxo de calor convectivo, conforme indicado nas Equações 3.13, 3.14 e 3.15:

$$q_{conv,c} = v h_{conv,c} (T_c - T_{ar}) \quad (3.13)$$

$$h_{conv,c} = \frac{\rho_{ar} C_{pa}}{r_a} \quad (3.14)$$

$$r_a = \frac{1}{(C_f u_a)} \quad (3.15)$$

onde $q_{conv,c}$ é fluxo de calor convectivo (W/m^2); $h_{conv,c}$ é o coeficiente de transferência de calor convectivo (W/m^2K); v é a densidade da vegetação que define a fração de radiação bloqueada pela camada de cobertura (adimensional); ρ_{ar} é a massa específica do ar (kg/m^3); C_{pa} é o calor específico do ar (J/kgK); r_a é a

resistência aerodinâmica utilizada para determinar a transferência de calor e umidade da superfície da camada para o ar (s/m); C_f é o coeficiente de transferência de calor adimensional dado por Deardorff (1978 apud XING, 2014), que considera tanto o efeito da convecção forçada como o efeito da convecção livre; T_{ar} é a temperatura do ar (K); T_c é a temperatura da camada de cobertura (K); u_a é a velocidade do vento (m/s).

Combinando a Equação 3.13, a Equação 3.14 e a Equação 3.15 verifica-se que o fluxo de calor convectivo é aproximadamente linear à velocidade do vento. Para uma cobertura densa de grama curta, Best (1998 apud HERB et al., 2008) sugeriu que a transferência de calor por convecção e evaporação entre a camada de cobertura e o solo é muito menor do que as transferências de calor da camada para a atmosfera. Desse modo, a transferência de calor entre a vegetação e o solo não são consideradas na Equação 3.13 e Equação 3.16 sendo que apenas a transferência de calor entre a superfície da vegetação e a atmosfera é calculada (HERB et al., 2008).

Na Equação 3.16, Equação 3.17 e Equação 3.18 Herb et al. (2008) adicionam uma resistência dos estômatos (estruturas constituídas por um conjunto de células localizadas na epiderme inferior das folhas que formam um canal para a troca de gases e a transpiração vegetal) à rede de transferência de calor e utilizam a razão de umidade de saturação ($w_{sat}(T_c)$) para calcular a taxa de transferência de calor por evaporação. A resistência dos estômatos determina a transferência de calor e vapor de água através dos poros da vegetação para a superfície da camada de cobertura de forma que a resistência torna-se uma função da radiação solar e da umidade do solo como mostrado na Equação 3.18:

$$q_{evap,c} = v h_{evap,c} (w_{sat}(T_c) - w_a) \quad (3.16)$$

$$h_{evap,c} = \frac{\rho_a L_v}{r_a + r_s} \quad (3.17)$$

$$r_s = 200 \left(\frac{R_{s,max}}{R_s + 0,03 R_{s,max}} + \left(\frac{\theta_{wp}}{\theta_s} \right)^2 \right) \quad (3.18)$$

onde $q_{evap,c}$ é a perda de calor por evaporação na superfície da vegetação para o ar circundante (W/m^2); $h_{evap,c}$ é o coeficiente de transferência de calor por evaporação (W/m^2); L_v é o calor latente de evaporação da água (J/kg); w_a é a taxa de umidade do ar (kg/kg); w_{sat} é a taxa de umidade saturada (kg/kg); r_s é a resistência dos estômatos, que é determinada pela transferência de vapor de água e calor dos poros da vegetação para a superfície da camada (s/m); $R_{s,max}$ é o calor máximo da radiação de onda curta durante o dia (W/m^2); R_s é o calor de radiação de onda curta horária medido (W/m^2); θ_{wp} é o teor mínimo de umidade do solo que a planta necessita para não murchar (m^3/m^3); θ_s é o teor de umidade do solo (m^3/m^3).

3.3 Modelo “Undisturbed Ground Temperature: Xing”

Este modelo, assim como o modelo numérico em diferenças finitas (*FiniteDifference*), também utiliza como base a correlação desenvolvida por Xing (2014) para prever a temperatura não perturbada do solo. Os parâmetros de simulação são determinados por Xing (2014) pela primeira vez com a criação e validação de um modelo numérico de diferenças finitas que utiliza os dados meteorológicos dos arquivos climáticos para determinar as condições de contorno. O método abordado nesse modelo de simulação segue a formulação desenvolvida por Xing (2014) que está detalhada na seção 3.2.1.

3.4 Modelo “Detailed Ground Heat Transfer”

O pré-processador responsável pelo cálculo da transferência de calor do solo para porões utiliza basicamente as formulações desenvolvidas por Bahnfleth (1989) e Cogil (1998). Métodos desenvolvidos por outros pesquisadores como Clements (2004) e Krarti, Claridge e Kreider (1998) vêm sendo modularizados no *EnergyPlus* com o intuito de, cada vez mais, tornar o pré-processador *Basement* um programa completo na análise dos processos de troca de calor envolvendo o solo. Sendo assim, neste item faz-se inicialmente uma análise sobre os principais processos de troca de calor envolvendo o solo para, em seguida, abordar os principais conceitos e formulações desenvolvidas por esses pesquisadores.

3.4.1 Principais Processos de Troca de Calor no Solo

Por ser um material heterogêneo, os mecanismos de transporte de calor no solo se tornam muito complexos e podem variar consideravelmente à medida que a propriedades deste material se alteram. Deste modo, o fluxo de calor no solo possui quatro mecanismos primários: condução, convecção nos espaços com ar presentes no solo e por vapor de água, radiação na superfície do solo e nos espaços vazios contidos no solo e, por fim, mudança de fase da umidade contida no solo.

No solo, o mecanismo relevante de transferência de calor é o de condução (STERLING et al., 1993 apud CLEMENTS, 2004). No caso da condução de calor no interior do solo a condutividade térmica eficaz¹¹ a ser considerada para a obtenção da temperatura do solo é uma constante de proporcionalidade linear que relaciona todos os efeitos de transferência de calor mencionados anteriormente somados ao gradiente de temperatura do solo. A transferência de calor é maior em solos congelados do que em solos não congelados e significativamente menores em solos secos do que em solos úmidos. Já a condutividade térmica não varia significativamente com a temperatura nas condições associadas com edifícios e seus arredores (CLEMENTS, 2004). A convecção ocorre dentro da matriz do solo quando estão preenchidos com ar ou vapor d'água (INCROPERA e DEWITT, 1996 apud CLEMENTS, 2004). A radiação que ocorre dentro dos vazios do solo torna-se significativa apenas para solos muito secos e em altas temperaturas (STERLING et al., 1993 apud CLEMENTS, 2004).

A condutividade térmica eficaz do solo é um coeficiente de transferência de calor total que é responsável por fornecer informações sobre todos os principais mecanismos de transporte de calor mencionados anteriormente. A partir da condutividade térmica eficaz também é possível realizar um balanço de calor que leva em consideração o fato das propriedades físicas do solo não serem as mesmas para diferentes pontos e em qualquer direção do solo analisado.

¹¹ A condutividade térmica é uma propriedade térmica típica de um material homogêneo que descreve a habilidade do material em conduzir calor. Como o solo é um material heterogêneo a condutividade térmica eficaz é responsável por determinar os múltiplos modos de transferência de calor possíveis em cada camada do solo (CLEMENTS, 2004).

A equação fundamental que governa o fluxo de calor por condução é dada pela Equação 3.19:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \dot{q} \quad (3.19)$$

onde ρ é a densidade do solo (kg/m^3), C_p é calor específico do solo (J/kgK), k é condutividade térmica do solo (W/mK), T é a temperatura (K), t é tempo (s), x , y , z são as coordenadas cartesianas (sul, oeste e vertical) e \dot{q} representa a taxa de geração interna de energia por unidade de volume (W/m^3).

A fim de obter uma estimativa precisa da perda de calor no subsolo, é necessário analisar não somente a fundação, mas também uma porção do solo circundante suficiente para conter esta perturbação térmica. A discussão realizada nos itens 3.4.1.1 ao 3.4.1.5 descreve, sucintamente, os cinco tipos diferentes de condições de contorno que devem ser aplicadas para as simulações das edificações. São elas: a superfície do solo, a profundidade do solo, as condições de contorno externas, as condições de contorno internas e as superfícies externas acima da laje do ambiente subterrâneo.

3.4.1.1 Superfície do Solo

O limite de superfície do solo é a fronteira mais complexa do domínio *Basement* devido à variedade de mecanismos de transferência de calor envolvidos. Na Figura 3.5 é apresentado o balanço de calor que ocorre na superfície do solo (BAHNFLETH, 1989).

Segundo Sellers (1965 apud CLEMENTS, 2004), matematicamente, o balanço de energia da superfície tem a seguinte forma (Equação 3.20),

$$G = R_{tot} - q_{cs} - q_{et} \quad (3.20)$$

onde G é o fluxo de condução de calor através do solo (W/m^2); R_{tot} é a radiação total absorvida (W/m^2); q_{cs} é a convecção de calor (W/m^2); q_{et} é a evapotranspiração¹² (W/m^2).

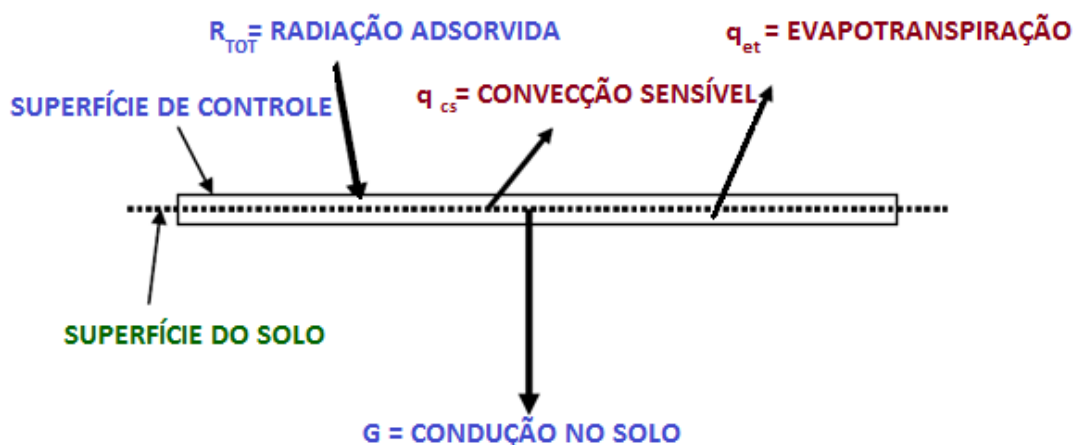


Figura 3.5: Balanço de calor da superfície.
Fonte: CLEMENTS, 2004.

A radiação absorvida (R_{tot}) é a soma do total incidente da radiação absorvida total incidente de ondas curtas (R_{sol}) e da radiação infravermelha do céu ($R_{céu}$) menos a radiação emitida pela superfície do solo (R_s) e é dada pela Equação 3.21:

$$R_{tot} = R_{sol} + R_{céu} - R_s \quad (3.21)$$

A radiação de ondas curtas é geralmente expressa em duas componentes, à radiação solar de ondas curtas (R_{solfc}) e a radiação solar difusa (R_{dif}). Na análise de energia de um edifício, os arquivos de dados são geralmente fornecidos em períodos de hora em hora e podem ser expressos em função de uma intensidade dada pela superfície normal à direção do feixe projetada horizontalmente por um avião, o que é feito pela multiplicação dos valores reportados pelo cosseno do ângulo zenital do sol (θ_z) capaz de fornecer a irradiância solar para cada hora. A Equação 3.22 representa a forma de se obter a radiação total de ondas curtas:

¹² Processo onde ocorre a perda de água do solo por evaporação e a perda de água da planta (cobertura do solo) por transpiração. O nome provém desses dois processos, que são simultâneos e precisam ser igualmente mensurados.

$$R_{sol} = (1 - \alpha)(R_{solfc} \cdot \cos \theta_z + R_{dif}) \quad (3.22)$$

onde α é o albedo da superfície, cujo valor depende das características de cobertura do solo.

A radiação infravermelha do céu (Equação 3.23) não representa um componente crítico no balanço de calor durante o dia, pois sua magnitude é significativamente menor que a energia solar direta ou difusa, mas torna-se um fator importante durante a noite e, por esse motivo, deve ser considerada.

$$R_{céu} = \varepsilon_{céu} \sigma T_{ar.amb}^4 (a - b e^{-2.3ce}) \quad (3.23)$$

Na Equação 3.23, $\varepsilon_{céu}$ pode ser aproximado como a emissividade de vapor de água (0,97) (COGIL, 1998), σ a constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$), $T_{ar.amb}$ é a temperatura do ar ambiente (K) e e é a pressão de vapor do ar (psi). Segundo Clements (2004), os coeficientes empíricos a , b e c , foram relatados por Geiger (1961) como sendo 0,820, 0,250 e 0,094, respectivamente.

A radiação emitida pelo solo é dada pela Equação de Stefan-Boltzman (Equação 3.24) onde assume-se que o solo absorve e emite a radiação como a de um corpo cinza,

$$R_s = \varepsilon_s \sigma T_s^4 \quad (3.24)$$

onde a emissividade (ε_s) está entre 0,9 e 1,0 e T_s representa a temperatura da superfície do solo (K).

O segundo termo no balanço de energia da superfície do solo (q_{cs}), a convecção, deve levar em conta o elevado nível de turbulência do ar na superfície do solo e, por este motivo, é proporcional à diferença de temperatura entre a superfície do solo e a temperatura do ar (COGIL, 1998). Como a maioria dos modelos de instabilidade atmosférica são extremamente complexos para ser incluído no módulo *Basement* do *EnergyPlus*, uma estimativa para o fluxo de calor por convecção (Equação 3.25) é apresentada por Sellers e Dryden (1967 apud CLEMENTS, 2004) e adaptada ao *software*.

$$q_{cs} = \rho_{ar} c_{p,ar} D_h (T_s - T_{ar.amb}) \quad (3.25)$$

onde ρ_{ar} é a massa específica do ar (kg/m^3), $c_{p,ar}$ é o calor específico do ar (J/kgK) e D_h é o coeficiente de transferência de calor (m/s) e os demais parâmetros são definidos anteriormente.

O termo final no equilíbrio de calor da superfície do solo (q_{et}) contribui para que a evapotranspiração ocorra na superfície do solo, o qual inclui a evaporação da água no estado líquido, a convecção do calor em função do processo de mudança de fase a partir do solo e por transpiração das plantas. De acordo com Sellers (1965 apud CLEMENTS, 2004) a expressão para a evapotranspiração é dada pela Equação 3.26,

$$q_{et} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_t - G) + \rho_{ar} c_{p,ar} D_w (T_{ar.amb} - T_{wb}) \quad (3.26)$$

onde Δ é a mudança na pressão de vapor de saturação com a temperatura ($\text{Pa}/^\circ\text{C}$), γ é a "constante do psicrômetro" que representa a mudança na pressão de vapor por unidade de mudança da temperatura em um processo de saturação adiabática ($\text{Pa}/^\circ\text{C}$); R_t é a radiação líquida absorvida na superfície do solo (W/m^2); D_w é coeficiente de transferência de calor turbulento (m/s); T_{wb} é a temperatura ambiente de bulbo úmido (K).

Combinando as equações (3.19) a (3.26) e utilizando a lei de Fourier obtém-se a Equação (3.27):

$$G = -k \frac{\partial T}{\partial z} = (1 - \alpha) R_{sol} + \varepsilon_{céu} \sigma T_{ar.amb}^4 [a - b e^{-2,3ce}]^4 - \varepsilon_s \sigma T_s^4 - \rho_{ar} c_{p,ar} D_h (T_s - T_{ar.amb}) - \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_t - G) + \rho_{ar} c_{p,ar} D_w (T_{ar.amb} - T_{wb}) \right] \quad (3.27)$$

3.4.1.2 Profundidade do solo

Apesar de ser difícil estimar a temperatura do solo a uma determinada profundidade devido à variação que a presença de água pode causar, Kusuda e Achenbach (1965) relatam que a temperatura do solo em profundidades acerca de até 15 metros é aproximadamente igual à temperatura média anual da superfície do solo, que pode ser estreitamente aproximada pela média anual da temperatura do ar.

Além disso, devido ao aumento significativo do tempo computacional envolvido nesses cálculos, o módulo *Basement* utiliza uma temperatura limite fixa para o ambiente subterrâneo, que é calculada utilizando uma simulação unidimensional para o solo não perturbado, com a condição de contorno de fluxo de calor no limite inferior nulo. O módulo *Slab*, com tempos de execução significativamente mais rápidos, contam tanto com a temperatura limite fixa quanto com algumas condições de contorno de limite inferior aplicadas a um perfil de temperatura unidimensional para o contorno do domínio da simulação que é capaz de melhorar a convergência da simulação (CLEMENTS, 2004).

3.4.1.3 Limites Externos

Para realizar o cálculo da transferência de calor no solo é necessário conhecer a distância externa à edificação onde a influência do solo no resultado final da troca de calor é desprezível. Esta posição pode ser determinada pela distância onde o fluxo de calor lateral é nulo na superfície da fronteira vertical, isto é, em um limite externo do solo a ser considerado a uma certa distância da edificação analisada (COGIL, 1998). Segundo Clements (2004), a distribuição de temperatura do solo não é afetada pela presença de outras edificações a grandes distâncias, desde que não ocorra nenhuma interferência térmica. Desse modo, a distribuição de temperatura do solo entre um limite externo estabelecido e a edificação analisada varia apenas na direção vertical (profundidade do solo). Um estudo de sensibilidade para determinar a perda de calor em função da variação do limite externo a edificação é realizado por Shipp, Pfender e Bligh (1981) onde obtém-se alterações mínimas ou até mesmo nulas quando o limite externo alcança o valor de 12 metros de distância do edifício.

3.4.1.4 Limites Internos

O processo para determinar o fluxo de calor no solo é um processo iterativo: as paredes e o piso da edificação interagem com o solo e o solo interage com a edificação. Sendo assim, os resultados obtidos para a temperatura do solo nas fronteiras solo/paredes e solo/piso são utilizados como condição de contorno para o *EnergyPlus* calcular o fluxo de calor na edificação. Além disso, tanto para o módulo *Basement* quanto para o módulo *Slab* a condição de contorno interna é uma combinação de transferência de calor convectiva e radiativa. No módulo *Slab*, a condição de contorno interna é fixada a um valor razoável obtido pelos valores de temperatura do solo fornecido pelos dados climáticos do local analisado. Já o módulo *Basement* necessita de uma condição de contorno interna mais detalhada para a obtenção da temperatura. A temperatura do ambiente subterrâneo é ajustada por meio de um balanço de calor sobre as superfícies do ambiente subterrâneo. Tal procedimento é detalhado posteriormente na seção 3.4.3. A Equação 3.28 pode ser utilizada para a obtenção do taxa de transferência de calor interna:

$$q = h_i A (T_{sala} - T_{ch\tilde{a}o}) \quad (3.28)$$

onde h_i é a coeficiente convectivo-radiativo combinado (W/m^2K) tabelados pela norma ASHRAE (ASHRAE, 1997) para uma variedade de orientações e superfícies, T_{sala} e $T_{ch\tilde{a}o}$ são, respectivamente, as temperaturas do ar no ambiente do subsolo e da superfície interior da laje do cômodo subterrâneo (K), e A a área transversal do cômodo subterrâneo (m^2).

3.4.1.5 Superfícies externas do ambiente subterrâneo

No módulo *Basement*, as superfícies externas às paredes do ambiente subterrâneo possuem as suas perdas de calor por convecção, bem como ganhos de calor incidente da radiação solar. A Equação 3.29 representa o fluxo de calor nestas superfícies externas:

$$q = h_0 (T_{ar.amb} - T_{superf\acute{i}cie}) - q_{rad} \quad (3.29)$$

onde h_0 é a condutância externa da superfície ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$); T_{aramb} é a temperatura do ar ambiente (K); $T_{superficie}$ é a temperatura externa da superfície (K); q_{rad} é o fluxo de radiação incidente sobre a superfície analisada (W/m^2).

3.4.2 Método Numérico de Bahnfleth

Bahnfleth (1989) desenvolve um modelo tridimensional em diferenças finitas para realizar estudos paramétricos envolvendo a transferência de calor entre o solo e as lajes de uma edificação. Sua pesquisa considera tanto os efeitos da geometria da laje assim como o clima, as propriedades do solo e as condições de contorno no domínio do solo. De forma simplificada, Bahnfleth (1989) desenvolve um método que pode ser aplicado a diversas formas de laje por meio de uma razão entre a área e o perímetro da laje analisada. A condutividade térmica e as condições de contorno também se revelam importantes parâmetros que influenciam na transferência de calor, enquanto a difusividade térmica não afeta significativamente as análises realizadas. Com essas adaptações o modelo de Bahnfleth torna-se um método melhorado para a obtenção dos cálculos de transferência de calor em lajes em contato com o solo quando comparadas aos modelos unidimensionais existentes.

Segundo Bahnfleth e Pedersen (1990) um modelo completamente detalhado de transferência de calor no solo deve reconhecer o solo como um meio poroso não homogêneo no qual os transportes de energia e de massa estão intimamente interligados. Além disso, a modificação da umidade do solo ao longo do tempo exerce influência nas taxas de transferência de calor, sendo importante que o solo não seja considerado como um material homogêneo e com propriedades termofísicas constantes. Os efeitos da umidade sobre a transferência de calor pode ser representada por meio de uma condutividade térmica eficaz de modo que a base matemática para essa consideração deve ser baseada em um problema de valor limite na equação de condução tridimensional (Equação 3.30):

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k \nabla T) \quad (3.30)$$

sendo ρ a densidade do solo (kg/m^3); c_p o calor específico do sólido (J/kgK); k a condutividade térmica do solo (W/mK); T a temperatura do solo (K); t o tempo (s).

As seguintes condições de contorno são adotadas:

- Na superfície interna da laje é utilizado o coeficiente de convecção/radiação combinado (Equação 3.31):

$$q = h_i A (T_{\text{ambiente interno}} - T_{\text{piso}}) \quad (3.31)$$

onde q é a taxa de transferência de calor (W/m^2); h_i é o coeficiente linearizado de radiação/convecção ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$); $(T_{\text{ambiente interno}} - T_{\text{piso}})$ é a diferença de temperatura entre o ambiente interno analisado e a superfície do piso; A é a área transversal do ambiente analisado (m^2).

- Limite de solo considerado em relação ao local analisado que leva em consideração a distribuição da temperatura não perturbada do solo, ou seja, sem contato com uma fonte que “perturbe” o solo analisado. Nesta condição a temperatura do solo é uma função do tempo e da coordenada vertical, z .
- Profundidade do solo onde é fixado um valor para a temperatura ou com a condição de gradiente zero (Equação 3.32):

$$T(z_{\text{max}}) = \text{constante ou } \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z \rightarrow \infty} = 0 \quad (3.32)$$

onde z_{max} é a profundidade de limite inferior a ser analisado (m).

A primeira parte da Equação 3.32 aproxima o efeito do lençol freático a um valor constante, mantendo-se fixadas os valores da temperatura do solo no limite inferior. Já a segunda parte da Equação 3.32 atribui condições semi-infinitas por meio de uma condição de gradiente nulo, tornando-se apropriada somente nos casos onde há ausência dos dados da temperatura do solo e quando o lençol freático do local analisado não é localizado próximo a superfície.

- Superfície do solo onde o fluxo de calor na superfície é conhecido (Equação 3.33):

$$-k \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} = G(t) \quad (3.33)$$

onde o fluxo de calor ($G(t)$) é determinado por um balanço energético envolvendo condução, convecção, evaporação e radiação, conforme apresentado na Equação 3.20.

O balanço energético mostrado na Equação 3.20 permite o estudo dos efeitos causados pela variação da cobertura do solo. A evapotranspiração inclui todas as formas de perda de energia na superfície, incluindo a evaporação, convecção e transpiração vegetal. A taxa de transpiração real depende das condições meteorológicas e da umidade presente na superfície do solo. Para determinar o grau de saturação da superfície é necessário que haja um equilíbrio da umidade no solo, conforme detalhado na subseção 3.4.1.1.

Bahnfleth (1989) programa em Fortran uma técnica explícita em diferenças finitas que na análise tridimensional pode ser discretizado com até 10.000 células distintas onde o usuário do programa deve informar os seguintes parâmetros:

- Dimensões e espaçamento da malha de diferenças finitas adotada no modelo simulado;
- O arquivo de dados meteorológicos do local analisado;
- As propriedades termofísicas dos materiais e propriedades geométricas da laje e as propriedades termofísicas do solo;
- As propriedades da superfície do solo;
- A forma da laje e dimensões;
- Profundidade do solo adotada na simulação;
- Perda evaporativa na superfície do solo;
- Altura da edificação para eventuais cálculos de sombreamento.

Banhfleth (1989) também estabelece uma relação para determinar a perda de calor envolvendo a área e o perímetro da laje, representada na Equação 3.34.

$$Q = c \left(\frac{A}{P} \right) d \quad (3.34)$$

onde c e d são constantes empíricas que garantem a aproximação dos resultados escalonados e dependem de diversos parâmetros incluindo a diferença média anual

de temperatura, as propriedades do solo, geometria da laje e detalhes do projeto de fundação (adimensionais); $\frac{A}{P}$ é a escala de comprimento (m).

3.4.3 Método Numérico de Cogil

Cogil (1998) desenvolve um modelo numérico tridimensional em diferenças finitas que é utilizado na obtenção da troca de calor envolvendo o solo e cômodos subterrâneos de uma edificação. O modelo considera as diferentes dimensões dos porões, tipos de fundações, configurações de isolamento e condições ambientais do local analisado. O modelo ainda apresenta um sofisticado tratamento das condições de contorno, incluindo os efeitos de cobertura da superfície do solo.

3.4.3.1 *Domínio Computacional*

Bahnfleth (1989) mostra que os efeitos devidos à assimetria da radiação solar na transferência de calor da fundação são relativamente pequenos e que o domínio computacional é reduzido em tamanho por meio da aplicação de condições de simetria. Segundo Cogil (1998), para tirar proveito da simetria, o domínio computacional consiste em um quadrante de um ambiente subterrâneo e o solo circundante (Figura 3.6). A origem está localizada no centro do ambiente subterrâneo, com os eixos x, y e z indicando as coordenadas sul, oeste e vertical. Os limites horizontais do domínio são definidos pelas faces da célula $\pm NX$ na direção x e $\pm NY$ na direção y. A extensão vertical do domínio é definida por NZAG e NZBG, o número de faces da célula nas direções z negativas e positivas, respectivamente. As dimensões interiores do ambiente subterrâneo são definidas pelo número de células nas direções x, y e z representadas pelos índices de face da célula IBASE, JBASE e KBASE. A espessura da parede da fundação é dada por DPAREDE, enquanto a da laje é dada por DLAJE. Do mesmo modo, a espessura do leito de drenagem de cascalho abaixo e acima da laje é representada por DCASCVP e DCASCVN. A distância horizontal que o cascalho se estende para além da parede de fundação é definida por DCASCVXY. O método numérico em diferenças finitas aplicado ao modelo de Cogil (1998) requer que o domínio apresentado na Figura 3.6 seja dividido em um número finito de células que formam a grade de diferenças finitas onde cada nó da grade possui a mesmas condições médias dentro do volume que o contém.

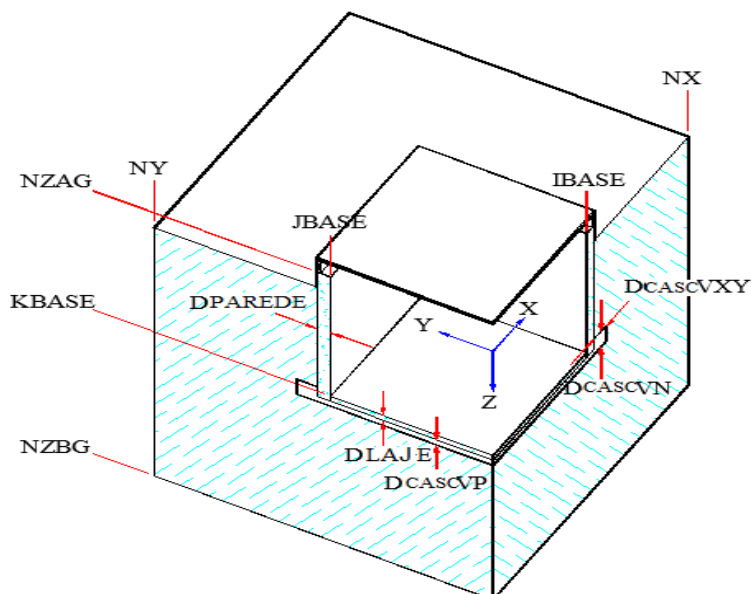


Figura 3.6: Domínio computacional do modelo de Cogil.
Fonte: Adaptado de COGIL, 1998.

3.4.3.2 Equações Discretizadas

Para se chegar a forma de diferenças finitas da equação de condução de calor transiente parcial (Equação 3.30), Cogil (1998) adota uma abordagem de discretização desenvolvida por Patankar (1980 apud COGIL, 1998). Nesta abordagem, como a direção do fluxo de calor é frequentemente desconhecida, o fluxo de calor para dentro de célula da malha de diferenças finitas é assumido, conforme apresenta-se na Figura 3.7.

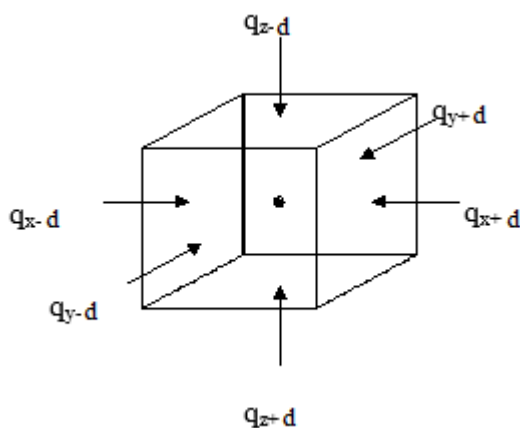


Figura 3.7: Fluxo de calor por convecção na célula.
Fonte: COGIL, 1998.

Para desenvolver o modelo Cogil (1998) utiliza uma célula para ilustrar como as equações de discretização são derivadas. A forma de diferenças finitas da equação de condução térmica tridimensional aplicada ao nó interno i, j, k pode então ser escrita em termos do fluxo de calor líquido na célula como resultado de um balanço energético aplicado ao volume em torno do nó (Equação 3.35):

$$q_{st} = q_{x+d} + q_{x-d} + q_{y+d} + q_{y-d} + q_{z+d} + q_{z-d} \quad (3.35)$$

onde q_{st} representa a taxa de energia armazenada dentro de um volume de controle da célula (W/m^2) e os demais termos representam a taxa de transferência de energia para um volume de controle a partir das células vizinhas.

Pantakar (1980 apud COGIL, 1998) desenvolve um método numérico tridimensional baseado em diferenças finitas que permite que os modelos de transferência de calor complexos possam ser modelados de forma simplificada. Apesar de ser uma forma de solução particularmente útil para estes tipos de problemas, o método de diferenças finitas possui duas limitações. A primeira delas está relacionada ao fato de que gradientes de temperatura entre os pontos adjacentes não podem ser aproximadamente lineares e a segunda restrição exige que as propriedades térmicas no interior de cada ponto da malha sejam uniformes (PANTAKAR, 1980 apud COGIL, 1998). Portanto, para atender essas restrições anteriormente mencionadas, as células das malhas, ou seja, a porção entre os pontos da malha, devem ser pequenas. A Equação de Condução de Calor (Equação 3.30) pode ser então discretizada para cada célula da malha e depois organizada em uma matriz tridiagonal (PANTAKAR, 1980 apud COGIL, 1998). No módulo *Slab* um método totalmente explícito de solução numérica é utilizado. Já no módulo *Basement*, por outro lado, o método ainda utiliza uma solução implícita (*ADI - Alternating-Direction-Implicit*).

As principais vantagens em utilizar o método de solução ADI estão relacionadas aos passos de tempo da solução poderem ser mais longos com uma precisão comparável ao método de solução explícita, o que proporciona métodos de solução mais rápidos para problemas consideravelmente mais complexos. Outra vantagem em adotar este método está relacionada à estabilidade numérica que é alcançada

com intervalos de tempo maiores. Já os métodos de solução explícita possuem a vantagem de exigir uma programação da solução numérica de modo bastante simples. Além disso, as soluções são dadas com uma precisão razoável e o número de equações de discretização é minimizado quando comparado ao método de solução ADI.

Sendo assim, as soluções numéricas totalmente explícitas da Equação 3.30, utilizadas no módulo *Basement*, são capazes de calcular, simultaneamente, a temperatura de cada nó em um domínio. Para o interior de uma célula, a Equação 3.30 pode ser manipulada na forma da Equação 3.36, que discretiza uma solução explícita em três dimensões para uma célula intermediária às células de contorno do domínio.

$$\begin{aligned}
 & \rho c_p \frac{T_{i,j,k}^{t+\Delta t} - T_{i,j,k}^t}{\Delta t} \\
 &= \frac{1}{\Delta x} \left(k_{x^+} \frac{T_{i+1,j,k}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta x^+} - k_{x^-} \frac{T_{i-1,j,k}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta x^-} \right) \\
 &+ \frac{1}{\Delta y} \left(k_{y^+} \frac{T_{i,j+1,k}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta y^+} - k_{y^-} \frac{T_{i,j-1,k}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta y^-} \right) \\
 &+ \frac{1}{\Delta z} \left(k_{z^+} \frac{T_{i,j,k+1}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta z^+} - k_{z^-} \frac{T_{i,j,k-1}^t - T_{i,j,k}^t}{\delta z^-} \right)
 \end{aligned} \tag{3.36}$$

onde T é a temperatura da célula (K), i , j e k são os índices das células, t é o intervalo de tempo atual (s), Δt é o passo de tempo diferencial (s), δx , δy , δz são as larguras das células (m), Δx , Δy , Δz são as distâncias entre os centros das células (m), ρ é a densidade do material (kg/m^3), c_p é o calor específico do material (J/kgK), e k é a condutividade térmica do solo (W/mK).

Ainda de acordo com Pantakar (1980 apud COGIL, 1998) um dos conceitos mais importantes na modelagem da transferência de calor da fundação é a condutividade térmica eficaz. Ao realizar um balanço de energia em uma célula cuja célula adjacente possui uma condutividade térmica diferente, a condutividade térmica eficaz deve ser calculada para assegurar que a energia é conservada no procedimento de cálculo. Para representar com precisão o fluxo de calor através da

interface de duas células vizinhas com diferentes condutividades térmicas, uma condutividade eficaz é definida no método de Cogil (1998). A condutividade efetiva k_e é a condutividade térmica de uma camada plana $L_1 + L_2$ de espessura que tem a mesma resistência térmica que uma camada de espessura L_1 que tem condutividade k_1 , em série com a segunda camada de espessura L_2 que tem condutividade k_2 , dada pela equação Equação 3.37:

$$k_e = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}} \quad (3.37)$$

O modelo desenvolvido por Cogil (1998) assume que o material de isolamento tem uma massa térmica insignificante, fato que permite que ele seja modelado como uma pura resistência térmica sem ter que redefinir a grade de diferenças finitas (COGIL, 1998). Assim, a condutividade efetiva num limite de células isoladas é dada conforme a Equação 3.38:

$$k_e = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + R_{isol.}} \quad (3.38)$$

onde o isolamento ($R_{isol.}$ (m^2K/W)) é considerado com massa térmica insignificante e pode, conseqüentemente, ser adicionado como uma resistência térmica no denominador da Equação da Condutividade Efetiva (Equação 3.37). Para obter o valor da resistência do isolamento basta dividir a espessura do material isolante (m) pelo valor da sua condutividade térmica (W/mK); L_1 e L_2 são as larguras eficazes das células (m).

3.4.3.3 Solução Numérica

O tipo de solução numérica utilizado no método desenvolvido por Cogil (1998) baseia-se no método de solução numérica ADI, onde a equação de difusão de calor (Equação 3.30) é primeiro resolvida implicitamente (isto é, as temperaturas avaliadas no passo de tempo seguinte) numa direção de coordenadas para 1/3 do incremento de tempo, deixando as outras duas direções de coordenadas explícitas (isto é, as temperaturas avaliadas no passo de tempo anterior). Após este procedimento, as

demais direções de coordenadas são então atualizadas de uma maneira análoga para completar o passo de tempo.

O método ADI convencional é condicionalmente estável e requer um passo de tempo muito pequeno para assegurar convergência e estabilidade, contudo quando ocorrem coeficientes negativos o resultado fornecido pelo método pode violar a lei de conservação da energia e, conseqüentemente, levam a uma baixa precisão numérica (COGIL, 1998). Uma modificação do método ADI tridimensional convencional é apresentada por Chang, Chow e Chang (1991) que supera as limitações da solução convencional. Este método ADI "melhorado", denominado método do fator f , modifica o método ADI convencional introduzindo o fator " f " que pode ser atribuído um valor entre zero e um. Em cada fração do incremento de tempo, os fluxos de calor na direção de coordenadas implícitas são multiplicados por um fator $(3 - 2f)$, enquanto os fluxos de calor derivados explicitamente são multiplicados por um fator f . O fluxo de calor total em cada direção, durante o passo de tempo completo, permanece inalterado. Desse modo, o método do fator f permite uma maior precisão e requer menos espaço de armazenamento computacional segundo Chang, Chow e Chang (1991) e, por este motivo, é adotado no modelo desenvolvido por Cogil (1998).

Para manter a precisão, o seguinte critério deve ser cumprido (Equação 3.39):

$$\frac{k\Delta t}{\rho c_p} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{y^2} + \frac{1}{z^2} \right] < \frac{0,75}{f} \quad (3.39)$$

Desde que o critério de precisão seja satisfeito (Equação 3.39), a estabilidade é a condição necessária para que a convergência do método seja alcançada. O critério de estabilidade, λ , adotado no método de Cogil (1998) é apresentado na Equação (3.40):

$$\lambda = \frac{k\Delta t}{\rho c_p} \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{y^2} + \frac{1}{z^2} \right] < \frac{1,5}{f} \quad (3.40)$$

As equações de diferenças finitas derivadas do balanço de energia do volume de controle (Equação 3.36) e baseadas no método do fator f são expressas na Equação 3.41 para um passo de três incrementos de tempo.

Para incremento para a primeira fração de tempo, tem-se:

$$\begin{aligned}
 \frac{\rho c_p (T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^t)}{\frac{\Delta t}{3}} \Delta x \Delta y \Delta z = (3 - 2f) & \left[\frac{k_{x+(T_{i+1,j,k}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta x_+} \Delta y \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{x-(T_{i-1,j,k}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta x_-} \Delta y \Delta z \right] + f & \left[\frac{k_{y+(T_{i,j,k+1}^t - T_{i,j,k}^t)}}{\delta y_+} \Delta x \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{y-(T_{i,j,k-1}^t - T_{i,j,k}^t)}}{\delta y_-} \Delta x \Delta z \right] + f & \left[\frac{k_{z+(T_{i,j,k+1}^t - T_{i,j,k}^t)}}{\delta z_+} \Delta x \Delta y + \right. \\
 \left. \frac{k_{z-(T_{i,j,k-1}^t - T_{i,j,k}^t)}}{\delta z_-} \Delta x \Delta y \right] & \quad (3.41a)
 \end{aligned}$$

Para o incremento para segunda fração de tempo, tem-se:

$$\begin{aligned}
 \frac{\rho c_p (T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}{\frac{\Delta t}{3}} \Delta x \Delta y \Delta z = f & \left[\frac{k_{x+(T_{i+1,j,k}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta x_+} \Delta y \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{x-(T_{i-1,j,k}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta x_-} \Delta y \Delta z \right] + (3 - 2f) & \left[\frac{k_{y+(T_{i,j,k+1}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta y_+} \Delta x \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{y-(T_{i,j,k-1}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta y_-} \Delta x \Delta z \right] + f & \left[\frac{k_{z+(T_{i,j,k+1}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta z_+} \Delta x \Delta y + \right. \\
 \left. \frac{k_{z-(T_{i,j,k-1}^{t+1/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t})}}{\delta z_-} \Delta x \Delta y \right] & \quad (3.41b)
 \end{aligned}$$

Para o incremento para a terceira fração de tempo, tem-se:

$$\begin{aligned}
 \frac{\rho c_p (T_{i,j,k}^{t+\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}{\frac{\Delta t}{3}} \Delta x \Delta y \Delta z = f & \left[\frac{k_{x+(T_{i+1,j,k}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta x_+} \Delta y \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{x-(T_{i-1,j,k}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta x_-} \Delta y \Delta z \right] + f & \left[\frac{k_{y+(T_{i,j,k+1}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta y_+} \Delta x \Delta z + \right. \\
 \left. \frac{k_{y-(T_{i,j,k-1}^{t+2/3\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+2/3\Delta t})}}{\delta y_-} \Delta x \Delta z \right] + (3 - 2f) & \left[\frac{k_{z+(T_{i,j,k+1}^{t+\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+\Delta t})}}{\delta z_+} \Delta x \Delta y + \right. \\
 \left. \frac{k_{z-(T_{i,j,k-1}^{t+\Delta t} - T_{i,j,k}^{t+\Delta t})}}{\delta z_-} \Delta x \Delta y \right] & \quad (3.41c)
 \end{aligned}$$

Neste procedimento de discretização uma célula interior típica é usada para ilustrar o procedimento utilizado para produzir a forma tridiagonal das equações. Este exemplo é limitado à primeira fração (1/3) do incremento de tempo (direção x-implícita, direções y- e z-explícitas). A primeira fração de incremento de tempo da Equação 3.41 é rearranjada de modo que a temperatura da célula na primeira fração ($T_{i,j,k}^t$) do incremento de tempo seja expressa em termos da temperatura das suas células vizinhas na fração seguinte do incremento de tempo ($T_{i,j,k}^{t+1/3\Delta t}$) multiplicada por um coeficiente (Equação 3.42):

$$\begin{aligned}
 -\left(\frac{\rho c_p}{\Delta t}\right) T_{i,j,k}^t = & \left\{ (3 - 2f) \left(\frac{k_{x-}}{\Delta x \delta x_-}\right) T_{i-1,j,k}^{t+\Delta t} - \left(\frac{\rho c_p}{\Delta t} + (3 - 2f) \left(\frac{k_{x-}}{\Delta x \delta x_-} + \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \frac{k_{x+}}{\Delta x \delta x_+}\right) T_{i,j,k}^{t+\Delta t} + (3 - 2f) \left(\frac{k_{x+}}{\Delta x \delta x_+}\right) T_{i+1,j,k}^{t+\Delta t} + f \left(\frac{k_{y-}}{\Delta y \delta y_-}\right) T_{i,j-1,k}^{t+\Delta t} - f \left(\frac{k_{y-}}{\Delta y \delta y_-} + \right. \right. \\
 & \left. \left. \frac{k_{y+}}{\Delta y \delta y_+}\right) T_{i,j,k}^{t+\Delta t} + f \left(\frac{k_{y+}}{\Delta y \delta y_+}\right) T_{i,j+1,k}^{t+\Delta t} + f \left(\frac{k_{z-}}{\Delta z \delta z_-}\right) T_{i,j,k-1}^{t+\Delta t} - f \left(\frac{k_{z-}}{\Delta z \delta z_-} + \right. \right. \\
 & \left. \left. \frac{k_{z+}}{\Delta z \delta z_+}\right) T_{i,j,k}^{t+\Delta t} + f \left(\frac{k_{z+}}{\Delta z \delta z_+}\right) T_{i,j,k+1}^{t+\Delta t} \right\}
 \end{aligned} \tag{3.42}$$

3.4.3.4 Programa Computacional

De acordo com Cogil (1998), a escolha da condição inicial sobre a temperatura no solo e no cômodo subterrâneo é arbitrária, embora possa certamente influenciar o número de iterações anuais necessárias para alcançar a convergência. Como uma solução estável-periódica é desejada, todo o domínio, exceto o teto do ambiente subterrâneo, é inicializado para a distribuição de temperatura não perturbada do solo para o dia 31 de dezembro. No programa, uma subrotina calcula a distribuição unidimensional da temperatura não perturbada do solo, periódica e constante, com base nas condições de contorno da superfície do solo e profundidade do solo descrita anteriormente na seção 3.4.1. Esta sub-rotina é capaz de obter a distribuição de temperaturas no solo para um ano, bem como fluxos de calor da radiação do céu, coeficientes de convecção da superfície e fluxos de calor radiativo solar, que são usadas como condições de contorno.

Além disso, é adotado um método numérico implícito (capaz de reduzir matriz tridiagonal) na solução para calcular a distribuição horária da temperatura do solo unidimensional. O método implícito, que é incondicionalmente estável, é necessário devido ao passo de tempo ser relativamente pequeno (COGIL, 1998). As distribuições da temperatura na superfície do solo e no solo são obtidas a partir da solução analítica desenvolvida por Kusuda e Achenbach (KUSUDA; ACHENBACH, 1965) (Equação 3.1).

No programa desenvolvido por Cogil (1998) os dados de entrada contêm as seguintes informações:

- localização geográfica do local simulado;
- propriedades térmicas da fundação e solo circundante;
- configuração de isolamento e valor da resistência do isolamento;
- propriedades da superfície do solo para condições de neve e sem neve;
- espessura da parede do ambiente subterrâneo, laje e espessura do leito de drenagem;
- tamanho do domínio (quadrante do ambiente subterrâneo e solo circundante);
- temperatura interna de bulbo seco e coeficientes de convecção superficial, para o caso de ventilação forçada;
- valor do coeficiente f para a solução numérica ADI e passo de tempo;
- distribuição inicial da temperatura do solo com base na solução de um sólido semi-infinito.

A solução numérica é realizada para dois anos de tempo computacional, onde é realizado um teste de convergência. Cada temperatura nodal é comparada com a da solução do ano anterior. Se a diferença de temperatura for menor que $0,05^{\circ}\text{C}$ a convergência é assumida. Uma simulação anual adicional é executada e relatórios de saída são gerados pelo programa. Os tipos de relatórios de saída incluem:

- perfil médio mensal da temperatura do solo não perturbado;
- temperatura média das superfícies celulares¹³ e fluxos de calor em cada etapa de tempo para o dia 21 de janeiro;

¹³ Superfície de cada face das componentes da malha de diferenças finitas do modelo analisado;

- temperaturas médias diárias e fluxos de calor para o dia 21 de cada mês;
- temperatura das células¹⁴ no último dia do ano.

3.4.4 Método Numérico de Clements

Clements (2004) realiza diversas alterações nos modelos utilizados no módulo *Basement* e *Slab* a fim de melhorar sua funcionalidade, proporcionar uma maior flexibilidade e simplificar a interface do usuário. Tais modificações estão integradas ao *software EnergyPlus* e são relatadas, resumidamente, nas subseções 3.4.4.1 à 3.4.4.3:

3.4.4.1 *Slab*

Na versão original do módulo *Slab* um extenso procedimento de cálculo é responsável por determinar os efeitos de sombreamento sobre a taxa de transferência de calor das lajes. Bahnfleth (1989) descobre que a inclusão do complexo cálculo do efeito de sombreamento é responsável pela perda de calor anual de, no máximo, 6,5% para diversos casos analisados. Os efeitos da mudança de orientação dos projetos também provam ser insignificantes na perda de calor anual. Em contrapartida, a inclusão dos cálculos de sombreamento aumentam significativamente o tempo de execução do programa e os resultados apresentados exercem pouca influência nas perdas de calor previstas para o modelo. Diante desses fatos, Clements (2004) opta por retirar o efeito do sombreamento na nova versão do módulo *Slab*.

Um novo recurso inserido na versão do módulo *Slab* é a inclusão de isolamentos verticais em torno das bordas da laje até uma profundidade especificada pelo usuário do programa. Este recurso permite que o usuário modele o isolamento da parede externa da fundação e mostra-se ser um método viável para o isolamento de uma laje sobre o solo. A contribuição do efeito do isolamento é adicionada à resistência térmica entre as interfaces das bordas do edifício simulado para garantir um valor mais preciso de condutividade efetiva entre as zonas térmicas (CLEMENTS, 2004).

¹⁴ O domínio do solo analisado é subdividido em diversas células tridimensionais que formam a malha de diferenças finitas. Cada célula é conectada às células adjacentes por meio de nós.

3.4.4.2 *Basement*

Richmond e Besant (1985 apud CLEMENTS, 2004) mostram que negligenciar os efeitos da radiação térmica dentro de um porão pode levar a erros significativos na taxa de fluxo de calor em porões não isolados e não condicionados. Desse modo, um modelo detalhado de radiação é incluído na versão original do módulo *Basement* no qual cada uma das zonas é calculada separadamente. Para um edifício com várias zonas térmicas acima da laje sobre o solo, muitos fatores são calculados para poder aplicar o modelo de radiação detalhado apresentado por Cogil (1998) e, por este motivo, este procedimento é otimizado por Clements (2004). No entanto, apesar de ocorrer a divisão do porão em diversas zonas térmicas para o cálculo detalhado da radiação, no balanço final do fluxo de calor esse resultado final não torna o modelo funcional em termos de praticidade para um edifício relativamente grande. Em vez disso, a linearização dos coeficientes de transferência de calor por radiação e convecção está incluída em cada zona do porão para representar os efeitos radioativos. Os valores para esse coeficiente combinado de radiação/convecção pode ser encontrado na norma ASHRAE (ASHRAE, 2003).

Cogil (1998) adota no modelo original um intervalo de tempo de uma hora para os cálculos da transferência de calor através do solo, paredes e piso subterrâneos de uma edificação. Essa abordagem gera tempos de execução demasiadamente longos, perdendo-se assim a vantagem da utilização do método de solução ADI (CLEMENTS, 2004). Na versão desenvolvida por Clements (2004) essa limitação é eliminada, podendo-se utilizar intervalos de tempo mais longos uma vez que a variação de temperatura no solo possui uma escala de tempo maior que a escala de tempo horária.

3.4.4.3 *Ambos módulos*

O *EnergyPlus*, assim como seus antecessores BLAST e DOE-2, possui uma interface unidimensional para o cálculo da transferência de calor da interface solo/fundação. Clements (2004) propõe um método que vincula os módulos de transferência de calor da fundação tridimensionais com o módulo unidimensional de transferência de calor presente na versão original do *EnergyPlus*. Para tanto, é necessário que um valor médio ponderado da temperatura apresentado pelo modelo

tridimensional de transferência de calor seja utilizado no cálculo unidimensional do programa. Clements (2004) utiliza a temperatura média da área ponderada da superfície de cada célula a fim de utilizar um valor que represente a superfície inteira da fundação e não somente os pontos extremos.

Para tentar simplificar a interface do edifício localizada abaixo e acima da fundação o *EnergyPlus* utiliza uma solução de condução de calor unidimensional entre a superfície da fundação. A fim de fornecer uma solução mais precisa, os modelos de transferência de calor da fundação são modificados por Clements (2004) com o intuito de fornecer uma temperatura superficial média da superfície para ser usada como uma condição de contorno do modelo unidimensional utilizado no *EnergyPlus*.

A geometria do edifício a ser modelado pelo *EnergyPlus* pode ser um fator complexo na modelagem da transferência de calor em lajes e porões. Diante dessa restrição, Clements (2004) propõe um método de solução simples baseado em uma forma que pode ser aplicada desde simulações de geometrias simples até às mais complexas.

Na Equação 3.43 define-se o cálculo da área em relação ao perímetro para qualquer forma retangular de estrutura. Esta relação é utilizada para realizar o cálculo das dimensões equivalentes de uma fundação para uma dada combinação da área (A_{solo}) em relação ao perímetro (P) e a largura mínima.

$$\frac{A_{solo}}{P} = \frac{LW}{2(L + W)} \quad (3.43)$$

onde L e W são as dimensões da superfície (m).

Já na Equação 3.44 mantêm-se constante a relação área/perímetro para se obter a forma retangular equivalente das simulações. Para lajes cuja dimensão mínima é inferior a 6m, a dimensão mínima será definida a 6m. A outra dimensão é então calculada para a simulação usando a Equação 3.43.

$$\frac{A_{solo}}{A_{parede}} = \frac{LW}{2(L + W)D} = \frac{\frac{A_{solo}}{P}}{D} \quad (3.44)$$

onde D é a profundidade da fundação ou do porão (m).

Por meio de diversos testes numéricos, Clements (2004) conclui que a utilização da relação área/perímetro juntamente com a profundidade do porão demonstra ser um método suficientemente preciso para determinar o fluxo de calor e a temperatura da superfície quando comparados as análises considerando a geometria correta das edificações. Outra vantagem da simplificação geométrica está relacionada a melhoria no tempo de simulação da estrutura sem afetar adversamente a precisão do fluxo de calor previsto.

Soluções numéricas para resolver problemas de transferência de calor exigem que o domínio da solução (malha) seja subdividido em finitas células. Entretanto, existem critérios de estabilidade que precisam ser respeitados para que haja estabilidade numérica. Para proporcionar uma maior flexibilidade da malha, uma função de rede de dimensionamento automatizada está implantada nos novos modelos. Para encontrar o padrão de espaçamentos verticais e horizontais adequados uma série de testes são executados. De acordo com Clements (2004), na maioria dos casos testados o dimensionamento automatizado é preferível, pois permite que uma solução precisa seja alcançada sem esforço do usuário do programa. Para gerar a rede de espaçamentos automatizada, a geometria do edifício deve ser informada pelo usuário no arquivo de entrada de dados do *EnergyPlus*. Essa função está incluída para assegurar que qualquer configuração de malha adotada pelo usuário atenda a estabilidade numérica dos modelos *Slab* e *Basement*.

Nas versões anteriores de ambos os modelos, o usuário é obrigado a introduzir um perfil de temperatura unidimensional do solo para simular as condições de localização do nó com precisão. Esta entrada de dados, no entanto, solicita que os cálculos do perfil de temperatura sejam feitos de forma manual em profundidades específicas do solo. Nas novas versões do programa o usuário não consegue determinar a temperatura do solo para uma determinada profundidade do nó da malha. Diante desse fato, uma nova sub-rotina baseada na solução de Kusuda e Achenbach (1965) é adotada (Equação 3.45) onde estas temperaturas são fornecidas automaticamente.

$$T_s(z, t) = \bar{T}_0 - A_s e^{-z \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}} \cos \left[\frac{\pi}{6} \left(t - t_0 - z \sqrt{\frac{3}{\pi\alpha_s}} \right) \right] \quad (3.45)$$

onde T_s é a temperatura do solo (K), $\overline{T_0}$ representa a média das temperaturas médias mensais (K), A_s é a amplitude da onda da temperatura da superfície do solo (K), t é o tempo (dia), t_0 é o atraso de fase na temperatura da superfície do solo (K), α_s é a difusividade térmica do solo (m^2/dia) e z é a profundidade do solo (m).

3.4.5 Método ITPE

O método analítico denominado Estimativa do Perfil de Temperatura na Interface (*ITPE - Interzone Temperature Profile Estimation*) desenvolvido por Krarti, Claridge e Kreider (1998) é aplicado a vários problemas de transferência de calor de cômodos subterrâneos. Mais especificamente, o método ITPE pode ser utilizado em situações onde o conhecimento da troca de calor de lajes e porões são solicitados (KRARTI; CLARIDGE; KREIDER, 1985, 1998).

O método ITPE combina técnicas analíticas e numéricas para obter equações de condução de calor bidimensionais e tridimensionais. Por ser baseado também em um modo de solução analítica, o método ITPE lida com qualquer valor de isolamento térmico, profundidade do lençol freático e propriedades térmicas do solo. O solo ou outro meio condutor é, inicialmente, dividido em várias zonas de forma regular por superfícies imaginárias. A geometria e as condições de contorno são os fatores que determinam essa divisão imaginária do domínio de simulação do solo. Em seguida, a distribuição de temperatura é determinada para cada uma dessas zonas e, a partir disso, é possível resolver a equação de condução de calor por meio de uma técnica analítica. Ao longo das superfícies imaginárias os perfis de temperatura não são conhecidos. Contudo, estes perfis de temperatura são determinados usando a continuidade do fluxo de calor entre as zonas.

Um estudo realizado por Krarti et al. (1995) mostra que o método ITPE pode ser aplicado para gerar os resultados de temperatura de um ambiente subterrâneo em um intervalo de um a dois minutos de tempo computacional e são adequados para a utilização na maioria dos programas de simulação de construções, incluindo o *EnergyPlus*. Os fatores de resposta são calculados somente uma vez pelo pré-processador do programa de simulação e é então usado para calcular os fluxos de calor do solo em qualquer passo de tempo.

Krarti, Claridge e Kreider (1998) descobrem que o processo de transferência de calor da fundação para construções ou estruturas refrigeradas (com baixas temperaturas de ar interna) é independente da forma da fundação. Conseqüentemente, verifica-se que a transferência de calor da fundação depende apenas de um parâmetro característico da geometria da base: a razão entre a área e o perímetro exposto da superfície da laje da fundação do ambiente subterrâneo. E, com isso, as soluções ITPE podem ser aplicadas a qualquer forma arbitrária da fundação.

Resumidamente, o método ITPE é adequado para calcular a transferência de calor horária de fundações e possui as diversas vantagens citadas a seguir:

- O método ITPE trata de uma grande variedade de tipos de fundações e configurações de isolamento;
- O método ITPE fornece resultados confiáveis quando comparado a dados medidos e resultados fornecidos por métodos numéricos já existentes;
- O tempo de processamento do método ITPE é bem menor (cerca de um a dois minutos) para calcular os fatores de resposta enquanto soluções numéricas requerem horas de tempo computacional para obter as o fluxo de calor (KRARTI; CLARIDGE; KREIDER, 1985, 1998).

3.4.5.1 Método Geral de Procedimento no EnergyPlus

A transferência de calor requer ao menos o cálculo bidimensional para prever com precisão a perda ou ganho de calor total através das fundações. No entanto, a transferência de calor tridimensional da fundação é obtida a partir de uma simplificação do método adotado para a obtenção da transferência de calor bidimensional (KRARTI; CLARIDGE; KREIDER, 1998).

O método desenvolvido baseia-se na técnica de regressão dos mínimos quadrados para obter os coeficientes da função de transferência z a partir dos valores de admitância da função de transferência z associado a um conjunto selecionado de frequências. Nessa técnica os coeficientes das funções z são calculados usando os métodos estabelecidos neste item para as superfícies da edificação em contato com o solo.

O fluxo de calor $Q(t)$, a partir de uma envoltória do edifício, em um determinado instante de tempo $t(s)$, é estimado a partir de valores presentes e passados de temperaturas externas e internas da superfície e de valores passados de fluxo de calor (Equação 3.46):

$$Q(t) = \sum_{i=0}^n a_i T(t - i\Delta t) - \sum_{l=1}^m b_l Q(t - l\Delta t) \quad (3.46)$$

onde Δt é o intervalo de tempo (s), a_i e b_i são coeficientes que caracterizam o fluxo de calor a partir da superfície e T é a temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$ ou K). Nota-se que, quando o fluxo de calor $Q(t)$ (W/m^2) é expresso como uma única função dos valores de temperaturas presentes e passados, o coeficiente a_i é um fator de resposta térmica, tal como definido por Mitalas e Stephenson (1967 apud KRARTI; CHUANGCHID; IHM, 2001).

Usando a Equação Transformada z (Equação 3.46), o fluxo de calor $Q(z)$ pode ser expresso como função de $T(z)$, como segue (Equação 3.47 e Equação 3.48):

$$Q(z) = \frac{\sum_{i=0}^n a_i z^{-i}}{1 + \sum_{l=1}^m b_l z^{-l}} \quad (3.47)$$

Ou ainda:

$$\frac{Q(z)}{T(z)} = H(z) = \frac{\sum_{i=0}^n a_i z^{-i}}{1 + \sum_{l=1}^m b_l z^{-l}} \quad (3.48)$$

A função $H(z)$ (Equação 3.49) é conhecida como a função de transferência z da superfície envoltória do edifício e z é o operador de mudança de volta (*back-shift*). No caso particular de $z = e^{i\omega\Delta t}$:

$$H(\omega) = \frac{\sum_{i=0}^n a_i e^{-ij\omega\Delta t}}{1 + \sum_{l=1}^m b_l e^{-lj\omega\Delta t}} = H_R(\omega) + jH_I(\omega) \quad (3.49)$$

onde $H_R(\omega)$ e $H_I(\omega)$ são respectivamente, a parte real e a imaginária da resposta da frequência da função $H(\omega)$.

Os coeficientes a_i e b_i podem ser determinados usando a função erro (Equação 3.50). O conjunto de sistemas de equações lineares pode ser expresso como segue:

$$\alpha_{i_0}^a - \sum_{i=0}^n \beta_{i_0,i}^a a_i + \sum_{l=1}^m \gamma_{i_0,l}^a b_l = 0 \quad (3.50)$$

Onde:

$$\alpha_{i_0}^a = \sum_{k=0}^K [H'_R(\omega_k) \cos(i_0 \omega_k \Delta t) - H'_l(\omega_k) \sin(i_0 \omega_k \Delta t)]$$

$$\beta_{i_0,i}^a = \sum_{k=0}^K \cos[(i - i_0) \omega_k \Delta t]$$

$$\gamma_{i_0,l}^a = \sum_{k=0}^K [H'_R(\omega_k) \cos[(l - i_0) \omega_k \Delta t] - H'_l(\omega_k) \sin[(l - i_0) \omega_k \Delta t]]$$

Ou ainda podem ser dadas da forma (Equação 3.51):

$$\alpha_{l_0}^b - \sum_{i=0}^n \beta_{l_0,i}^b a_i + \sum_{l=1}^m \gamma_{l_0,l}^b b_l = 0 \quad (3.51)$$

Onde:

$$\alpha_{l_0}^b = \sum_{k=0}^K [H_R'^2(\omega_k) - H_l'^2(\omega_k)] \cos(l_0 \omega_k \Delta t)$$

$$\beta_{l_0,i}^b = \sum_{k=0}^K \{H'_R(\omega_k) \cos[(l_0 - i) \omega_k \Delta t] - H'_l(\omega_k) \sin[(l_0 - i) \omega_k \Delta t]\}$$

$$\gamma_{l_0,l}^b = \sum_{k=0}^K [H_R'^2(\omega_k) - H_l'^2(\omega_k)] \cos(l + l_0) \omega_k \Delta t + 2H'_R(\omega_k) H'_l(\omega_k) \sin[(l - l_0) \omega_k \Delta t]$$

A Equação 3.50 e Equação 3.51 proporcionam um sistema de $(n + m + 1)$ equações lineares com $(n + m + 1)$ incógnitas: os coeficientes a_i ($n + 1$ incógnitas) e os coeficientes b_i (m incógnitas). Este sistema linear pode ser solucionado usando o

método de eliminação de Gauss-Jordan. O conjunto de frequências ω_k é selecionado com base em uma estimativa exata da função de transferência.

Com base nos resultados de uma análise detalhada da frequência (KRARTI; CLARIDGE; KREIDER, 1998), a perda/ganho total de calor através da fundação pode ser expressa em função das temperaturas da superfície da fundação e da superfície do solo conforme se segue (Equação 3.52):

$$Q(t) = \sum_{k=0}^n a_k T_{sf}(t - k\Delta t) - \sum_{l=1}^m b_l Q(t - l\Delta t) - c_m T_{sm} - c_a T_{sa} \sin(\omega t + \phi) \quad (3.52)$$

Onde a_k e b_l são os coeficientes de transferência da função z determinada por regressão; c_m e c_a são a média anual e amplitude de transferência do calor da fundação (valor-U), devido a variação da temperatura da superfície do solo; ϕ é o atraso da fase anual entre a transferência de calor da fundação e a temperatura de superfície do solo; T_{sm} e T_{sa} são a média anual e amplitude da temperatura da superfície do solo ou da temperatura ambiente do ar ($^{\circ}\text{C}$ ou K); T_{sf} é a temperatura interna da superfície da fundação ($^{\circ}\text{C}$ ou K).

Uma importante descoberta nos estudos de Krarti et al. (1995) mostra que na análise do domínio da frequência no nível abaixo do solo da edificação analisada reage de forma diferente para as mudanças de temperatura do que no nível acima do solo. A análise de Krarti et al. (1995) mostra que apenas as variações anuais de temperatura da superfície do solo, e não diárias, afetam significativamente o fluxo de calor acoplado ao solo. Em contraste, ambas as variações da temperatura internas diárias e anuais tem um grande impacto no fluxo de calor da fundação. A Equação 3.52 traduz estes resultados numa expressão matemática que pode ser facilmente implementada em um programa de simulação de construção em escala de tempo horária. Na maioria dos casos apenas cinco funções de transferência z são necessárias para calcular o fluxo de calor da fundação. Tipicamente, o conhecimento dos coeficientes a_0 , a_1 , a_2 , b_1 e b_2 , são suficientes para o cálculo preciso do fluxo de calor acoplado ao solo.

No programa *EnergyPlus*, o cálculo do fluxo de calor no ambiente subterrâneo é obtido conforme a Equação 3.52. Os parâmetros de entrada necessários para o

módulo são a temperatura da superfície da fundação, a temperatura da superfície do solo ou a temperatura do ar ambiente e as características da fundação. A saída do módulo é a perda ou ganho de calor total através da fundação utilizando a abordagem da função de transferência de calor z descrita anteriormente.

3.5 *GroundDomain X DetailedGroundHeatTransfer*

A partir do detalhamento dos métodos numéricos implementados no programa *EnergyPlus* descritos neste capítulo é possível observar que cada método utiliza uma modelagem distinta para a obtenção das trocas de calor levando em consideração a influência do solo. A fim de correlacionar a forma como cada método aborda os mesmos parâmetros assim como determinar as principais semelhanças e diferenças existentes, resume-se na Tabela 3.1, as principais características adotadas em cada modelo de simulação. A partir dos dados mostrados na Tabela 3.1 é possível observar que o método *DetailedGroundHeatTransfer* apresenta uma abordagem mais sofisticada em relação aos modelos do objeto *GroundDomain* além de possuir uma formulação tridimensional, fato que o coloca a frente dos demais modelos. Além disso, entre os objetos pertencentes ao *GroundDomain* os modelos *FiniteDifference* e *Xing* apresentam muitas semelhanças e são capazes de avaliar mais parâmetros que o modelo *KusudaAchenbach*.

Tabela 3.1: Comparação dos métodos numéricos (continua)

Parâmetros	GroundDomain			DetailedGroundHeatTransfer
	KusudaAchenbach	FiniteDifference	Xing	
<i>Tipo de Método</i>	Unidimensional			Tridimensional
<i>Tipo de correlação numérica</i>	MDF com um harmônico	MDF Implícito levando-se em conta o fluxo de calor ocasionado pela presença de tubulações	MDF Implícito com dois harmônicos	MDF com solução numérica ADI
<i>Temperatura média anual do solo</i>	Superficial	Obtida para diferentes profundidades	Obtida a partir de 4 profundidades	Obtida mensalmente a partir de 2 simulações do pré-processador
<i>Difusividade Térmica do solo</i>	Constante (Valor único)			Obtida pela Condutividade Térmica
<i>Condutividade Térmica do solo</i>	A mesma para toda a malha do MDF			K_e (leva em consideração a condutividade de cada célula da malha do MDF)
<i>Consideração do material de isolamento</i>	Opção de isolamento parcial ou total a partir das propriedades listadas no objeto <i>Material</i>			Opção de isolamento parcial ou total a partir do valor de resistência térmica do material embutido no cálculo da K_e
<i>Tempo de simulação</i>	Convergência anual	Convergência anual com possibilidade de escolha do período de simulação		Convergência anual com possibilidade de escolha do número de anos no qual o programa deve parar caso a convergência não seja alcançada
<i>Amplitude da mudança de temperatura ao longo do ano</i>	Somente 1 amplitude	1 Amplitude: Calculada a partir de 1 amplitude para cada camada	2 Amplitudes: Calcula a partir de 1 amplitude para cada camada	Dado desconsiderado
<i>Dia do ano que possui a menor temperatura superficial do solo</i>	Adotado nos modelos			Dado desconsiderado

Tabela 3.1: Comparação dos métodos numéricos (conclusão)

Parâmetros	GroundDomain			DetailedGroundHeatTransfer
	KusudaAchenbach	FiniteDifference	Xing	
<i>Simplificação do solo como material homogêneo</i>	Adotado nos modelos (as propriedades do solo não variam ao longo da simulação)			Adotado nos modelos
<i>Camada de cobertura do solo</i>	Simplificado	Modelo sofisticado desenvolvido por Herb et al. (2008)	Modelo adaptado de Herb et al. (2008) e simplificado por Xing (2014)	Leva em conta os valores informados para o albedo e a emissividade da superfície para condições com e sem neve
<i>Ângulo de Fase</i>	Não	1 Ângulo	2 Ângulos	Dado desconsiderado
<i>Capacidade de simular multicamadas</i>	Sim			Não
<i>Capacidade de modelar o domínio do solo a ser analisado</i>	Sim			Sim
<i>Consideração da camada externa ao porão</i>	OSCM (onde é possível escolher a condição de contorno externa das superfícies do porão)			Leva em conta os resultados do pré-processador para diferentes configurações de isolamento
<i>Número de materiais levados em consideração na análise</i>	Apenas as propriedades do solo			Propriedades do solo e de outros materiais pertencentes a edificação (cascalho, as propriedades do piso e das paredes da fundação)
<i>Consideração da camada de cascalho que é inserida ao entorno do porão</i>	Não considerada			Considerada em todas as dimensões do porão
<i>Capacidade de simular o condicionamento artificial no porão</i>	Não			Sim

4. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho envolve uma abordagem numérica para avaliação do efeito do processo de transferência de calor através do piso e paredes subterrâneos numa residência unifamiliar, naturalmente ventilada, via *EnergyPlus* (versão 8.6). Todas as análises de desempenho térmico são realizadas levando-se em consideração as recomendações da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), que faz referência a sistemas que compõem edificações habitacionais onde é estabelecido um procedimento normativo para avaliação da adequação de habitações.

4.1 Modelo analisado

O objeto de estudo deste trabalho é baseado em edifícios residenciais típicos da região sudeste brasileira. Sendo assim, o modelo proposto trata-se de uma edificação unifamiliar de dois pavimentos com 114m² de área total. No primeiro pavimento encontra-se um quarto para hóspedes, uma sala de jantar, uma cozinha com acesso externo e um banheiro social; enquanto no subsolo, os ambientes são: uma sala íntima, dois quartos e outro banheiro social. Desenvolveu-se a planta do modelo de forma que houvesse quartos e sala no pavimento subterrâneo, uma vez que a norma de desempenho da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) indica a avaliação prioritariamente de ambientes de longa permanência. As dimensões dos ambientes são definidas em função de uma modulação estrutural de 50 x 50 cm - entre eixos das paredes (Figura 4.1).

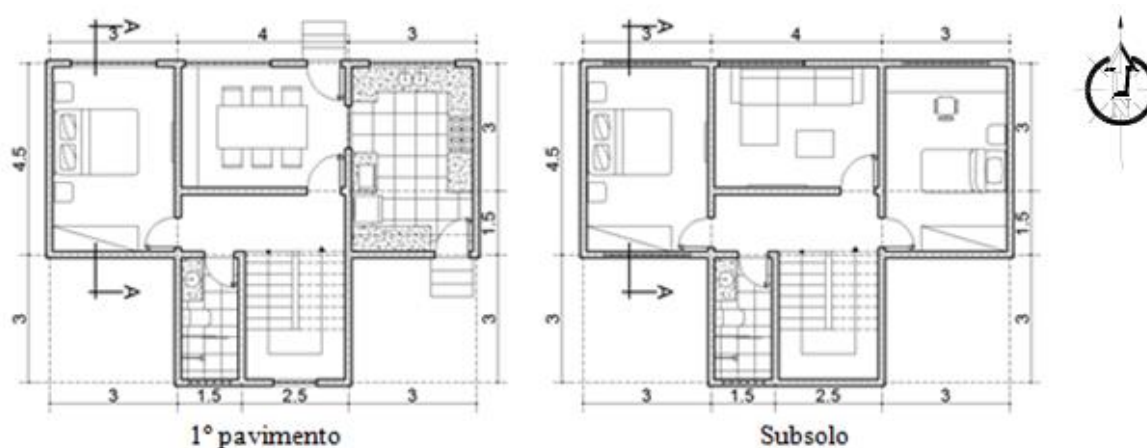


Figura 4.1: Planta baixa esquemática do objeto de estudo (cotas em metros).
Fonte: Arquivo da autora.

Ambos os pavimentos possuem três metros de pé-direito, sendo que o subsolo possui 2,3 m de parede sob o solo (Figura 4.2). A cobertura é de duas águas com beiral de 50 cm (Figura 4.3) proporcionando o sombreamento parcial das aberturas da edificação. Cada ambiente da edificação (quartos, salas, banheiros, corredores e cozinha) representa uma zona térmica de simulação modelada no *EnergyPlus*, sendo que o vão da escala é modelado como uma única zona térmica com 6m de altura. Modela-se o telhado como duas zonas térmicas de forma que cada água do projeto representa uma zona de simulação dentro do programa. Além disso, a posição da edificação em estudo está a 0° do eixo Norte de coordenadas geográficas.

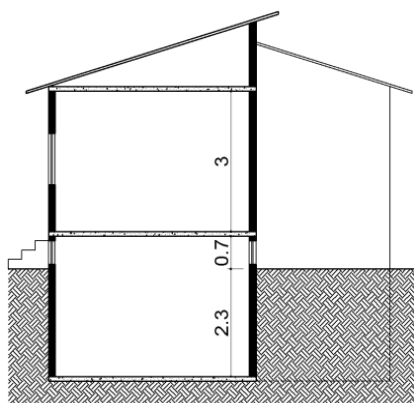


Figura 4.2: Corte AA.
Fonte: Arquivo da autora.

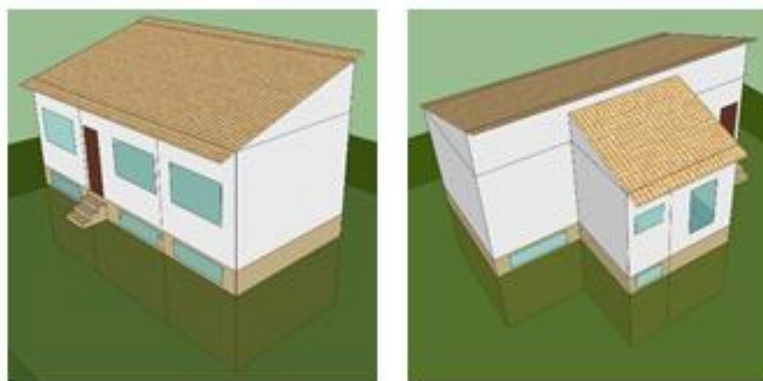


Figura 4.3: Perspectivas do modelo.
Fonte: Arquivo da autora.

Como a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) recomenda que, prioritariamente, os ambientes de longa permanência sejam analisados nas avaliações de desempenho térmico, apenas as zonas da edificação indicadas na Figura 4.4 são analisadas. A Zona 1 é uma zona pertencente ao pavimento subterrâneo localizada na extremidade do porão, representado assim, todos os demais ambientes da edificação que estão em contato com o solo. Já a Zona 4 situa-se na região central do cômodo subterrâneo (ver Figura 4.4). Apesar da Zona 4 não ser um ambiente de longa permanência, a sua análise é realizada com o objetivo de verificar a possibilidade da existência de alguma influência no desempenho térmico devido ao fato deste ambiente não estar em contato direto com o solo pelas paredes. Já as Zonas 7 e 10 são zonas do pavimento superior da edificação que estão localizadas exatamente acima das Zonas 1 e 4, respectivamente.

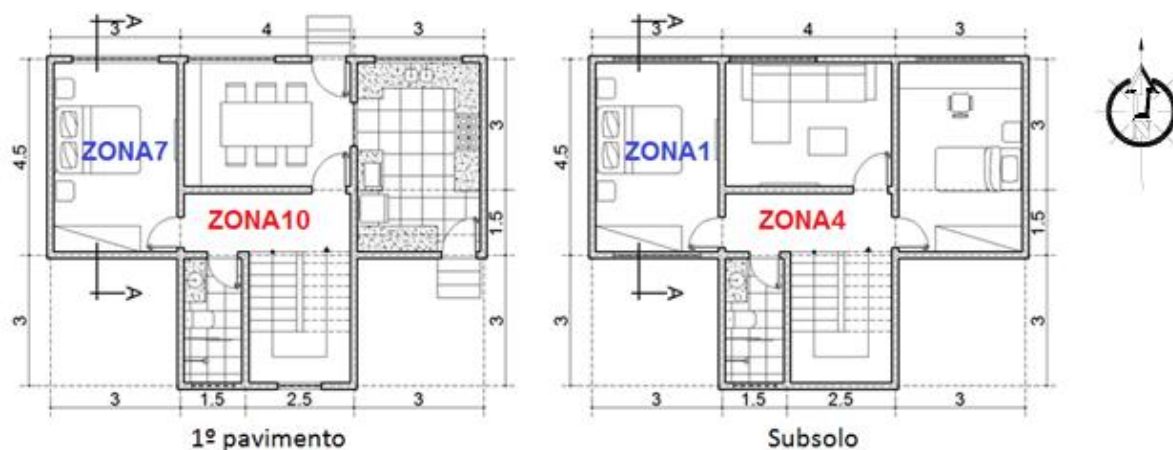


Figura 4.4: Zonas simuladas da edificação analisada.
Fonte: Arquivo da autora.

4.2 Dados climáticos de referência e rotinas de uso e ocupação

Na presente pesquisa todas as análises para avaliar a influência do solo no desempenho térmico do modelo simulado são realizadas para a Zona Bioclimática 3. Para a realização das simulações computacionais são utilizados como referência climática os dados de uma cidade representativa da Zona Bioclimática 3, São Paulo – SP, conforme estabelecido pela norma NBR 15220 (ABNT, 2005). O arquivo climático EPW adotado é o desenvolvido por Roriz (2012).

De acordo com a norma NBR 15575 (ABNT, 2013), para a realização das simulações computacionais, devem ser utilizadas como referência os dados mostrados na Tabela 4.1 que fornecem informações sobre a localização geográfica da cidade objeto deste estudo: São Paulo. Já na Tabela 4.2 fornece-se os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de projeto de verão e de inverno para São Paulo, pois segundo diretrizes da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), a avaliação de desempenho térmico de uma edificação deve ser feita para um dia típico de projeto, de verão e de inverno. Desse modo, as simulações para um dia típico de projeto de verão adotam os dados fornecidos pela Tabela 4.2 para a estação de verão no dia 1º de Janeiro enquanto as simulações para um dia típico de projeto de inverno adotam os dados informados pela mesma tabela para a estação de inverno no dia 1º de Julho.

Tabela 4.1: Dados de dias típicos de verão e inverno.

ZONA BIOCLIMÁTICA 3 (São Paulo - SP)		
<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Altitude</i>
23.5 S	46.62 W	792m

Fonte: Norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Tabela 4.2: Dados de dias típicos de verão e inverno.

ZONA BIOCLIMÁTICA 3 (São Paulo - SP)						
Estação	<i>Te,max diária (°C)</i>	<i>Te,mín diária (°C)</i>	<i>Amplitude diária de temperatura (°C)</i>	<i>Te bulbo úmido (°C)</i>	<i>Radiação Solar (Wh/m²)</i>	<i>Nebulosidade (décimos)</i>
<i>Verão</i>	31,9	-	9,2	21,3	5.180	6
<i>Inverno</i>	-	6,2	10	13,4	4.418	6

Fonte: Norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) não considera a presença de fontes internas de calor para que os requisitos mínimos de uma análise de desempenho térmico interno sejam atendidos. Sendo assim, este estudo desconsidera a quantidade de calor gerada pelo perfil de ocupação tais como: número de ocupantes e período de ocupação, número de equipamentos e o perfil de utilização dos equipamentos e o nível de iluminação. Em relação à absorvância a radiação solar das paredes assume-se o valor da absorvância igual a 0,5 correspondente a cor média definida no projeto.

4.3 Propriedades termofísicas do solo analisado

Em uma mesma região da superfície terrestre podem ser encontrados diversos tipos de solo. Cada tipo possui características próprias, tais como densidade, formato, cor, consistência e formação química, além de variarem o seu comportamento de acordo com a presença de água nos vazios presentes no solo (MORSELLI, 2009). Desse modo, na Tabela 4.3 apresentam-se valores típicos adotados para as principais propriedades termofísicas de alguns tipos de solo mais recorrentes, considerando o solo saturado e o solo seco. Em condições de solo saturado, todo o espaço de vazios é ocupado pela água enquanto que para o solo seco todo o espaço de vazios é preenchido por ar. Na natureza é mais comum encontrar solos com a presença de água e ar. Do ponto de vista térmico, todas as propriedades termofísicas apresentadas na Tabela 4.3 são mais acentuadas para o solo saturado e, deste modo, todas as análises de desempenho realizadas nessa pesquisa levam em

consideração a condição mais crítica que o solo pode apresentar: a condição saturada do solo.

Tabela 4.3: Propriedades termofísicas do solo

Material		Propriedades Termofísicas		
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kgk)	k (W/mk)
Solo Arenoso	Seco	1600	800	0,30
	Saturado	2000	1480	2,20
Solo Argiloso	Seco	1600	890	0,25
	Saturado	2000	1550	1,58
Solo Orgânico	Seco	750	1920	0,06
	Saturado	1000	3650	0,50

Fonte: OKE, 1995 (adaptado de LIST (1966) e WIJK; DE VRIES (1963)).

As temperaturas médias mensais do solo listadas na Tabela 4.4 e adotadas nas simulações, para a cidade de São Paulo, são obtidas pelo arquivo climático fornecido pelo projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA), juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o LABSOLAR pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina.

Tabela 4.4: Temperatura média mensal do solo

Temperatura do Solo (°C)							
Mês	Profundidade (m)			Mês	Profundidade (m)		
	0,50m	2,00m	4,00m		0,50m	2,00m	4,00m
<i>Janeiro</i>	20,50	19,60	19,00	<i>Julho</i>	17,20	18,10	18,70
<i>Fevereiro</i>	21,50	20,50	19,80	<i>Agosto</i>	16,20	17,10	17,90
<i>Março</i>	21,70	21,00	20,20	<i>Setembro</i>	15,90	16,70	17,50
<i>Abril</i>	21,50	21,00	20,30	<i>Outubro</i>	16,50	16,80	17,40
<i>Mai</i>	20,10	20,20	20,00	<i>Novembro</i>	17,60	17,50	17,70
<i>Junho</i>	18,60	19,20	19,40	<i>Dezembro</i>	19,10	18,50	18,30

Fonte: INMET, 2016; CPTEC, 2017.

4.4 Composição do sistema de fechamento da edificação unifamiliar

O sistema de fechamento interno e externo na edificação possui as seguintes características construtivas utilizadas usualmente nas edificações brasileiras:

- paredes compostas de argamassa comum, tijolo e outro revestimento de argamassa;
- piso do porão formado por laje de concreto, argamassa e piso cerâmico;

- piso do primeiro pavimento, ou teto do porão, formado por argamassa comum, laje de concreto, argamassa e piso cerâmico;
- teto do primeiro pavimento constituído por argamassa comum, laje de concreto e forro de madeira;
- telhado da edificação composto por telha cerâmica;
- janelas de vidro refletivo de 6mm de espessura e de baixa transmitância térmica e condutividade térmica de 0,9W/mk;
- portas de compensado;
- cobertura do solo ao entorno na edificação com grama curta;
- isolamento de painéis de poliestireno expandido do lado externo das paredes e piso do cômodo subterrâneo.

O isolamento de poliestireno expandido (Figura 4.5) é um isolamento leve e rígido. Esse material possui uma estrutura de células fechadas que proporciona uma absorção mínima de água e baixa permanência de vapor. O poliestireno expandido é desenvolvido para uso em aplicações geotécnicas para atuar como preenchimento leve para projetos de fundações sem que haja alterações das propriedades durante toda a vida útil da edificação (DISSANAYAKE; JAYASINGHE; JAYASINGHE, 2016).



Figura 4.5: Isolamento da fundação com painéis de Poliestireno Expandido.
Fonte: SPRINGVALUE, 2016.

As propriedades termofísicas e a espessura dos materiais utilizados no sistema de fechamento da edificação são especificadas na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Propriedades Termofísicas dos materiais utilizados no fechamento da edificação.

Material	Espessura (cm)	Propriedades Termofísicas			Fechamento	U (W/m ² K)	C _T (kJ/m ² K)
		k (W/mk)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kgk)			
Argamassa	1,5	1,15	2100	1000	Parede	2,48	159
Tijolo	9	0,9	1600	920			
Concreto Laje	10	1,75	2400	1000	Laje	17,5	240
Piso Cerâmico	1,5	1,05	2000	2000	-	70	60
Forro de Madeira	1	0,2	1400	100	Cobertura	2	32
Telha Cerâmica	1	1,05	2000	920			
Portas de Compensado	3,5	0,15	550	2300	-	4,3	44,3
Poliestireno Expandido	5	0,03	25	1000	-	0,6	1,2

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005); CLARKE (1985).

4.5 Dados de entrada e variação das simulações do solo

As simulações numéricas são executadas e divididas em quatro grupos de análises distintos. Todos os dados de entrada detalhados neste capítulo são utilizados em todas as simulações e inseridos conforme as orientações encontradas no Apêndice A deste trabalho. Já os dados de saída utilizados são: a temperatura do ar interior e a temperatura operativa (horária) de cada zona analisada, gerados pelo *EnergyPlus*, e temperaturas das paredes e piso do cômodo subterrâneo, gerados pelo objeto *DetailedGroundHeatTransfer*.

4.5.1 Comparação dos métodos numéricos

No primeiro grupo realizam-se testes para avaliar a operação de todos os modelos numéricos para a obtenção da temperatura interna das zonas analisadas, sendo estas alternativas as opções encontradas no objeto *GroundDomain* (*FiniteDifference*, *KusudaAchenbach* e *Xing*) e no pré-processador *Basement* ou *DetailedGroundHeatTransfer*, conforme mencionado anteriormente na seção 2.2.2.

Para todos os modelos numéricos os dados climáticos apresentados na seção 4.2, os perfis de temperatura do solo informados no tópico 4.3 e as mesmas características construtivas descritas na seção 4.4 são utilizados. Além disso, para as simulações deste grupo de análise, as propriedades do solo adotadas são os

dados fornecidos na Tabela 4.3 para um solo argiloso saturado, pois segundo o Mapa de Solos de São Paulo desenvolvido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo em parceria com a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) e o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), o solo argiloso é um dos principais tipos de solos encontrados em São Paulo (IAC, 2016). Os dados de entrada adotados em cada tipo de método de simulação são detalhados no Apêndice B.

4.5.1 Análise da influência das propriedades termofísicas do solo

Na segunda análise o objetivo é avaliar a influência do tipo de solo nos dados de saída do programa, sendo que nestas análises apenas o método *DetailedGroundHeatTransfer* é utilizado devido a sua maior precisão nos resultados, de acordo com informações obtidas no *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a). Sendo assim, no segundo grupo é testada a influência das propriedades termofísicas do solo no resultado final das trocas de calor da edificação determinando-se a temperatura interna para as zonas da edificação modelo para os dois dias típicos de projeto. Além disso, realiza-se também uma análise dos dados de saída fornecidos pelas simulações do pré-processador *Basement* (ou *DetailedGroundHeatTransfer*) em relação as temperaturas médias mensais das faces internas e externas das paredes e piso do cômodo subterrâneo com o intuito de identificar se a alteração do tipo de solo é capaz de gerar alterações na temperatura das superfícies da edificação que estão em contato com o solo.

Os valores referentes às propriedades termofísicas do solo estão entre os dados de entrada que geram mais dúvidas durante a simulação devido a dificuldade em se definir propriedades que variam com o tempo, localização, tipo de cobertura e composição do solo. Sendo assim, são mantidos nas análises todos os aspectos construtivos mencionados neste capítulo, com exceção das propriedades do solo que variam de acordo com os perfis de solo saturado apresentados na Tabela 4.3.

4.5.2 Análise da influência do material de isolamento das paredes e piso do cômodo subterrâneo

No terceiro grupo avalia-se a influência da presença do isolamento das paredes e piso das zonas subterrâneas no resultado final da análise térmica. Neste grupo, o

método *DetailedGroundHeatTransfer* também é adotado nas simulações. Além disso, todos os parâmetros construtivos, climáticos e as propriedades de um solo argiloso saturado descritos neste capítulo são adotadas como dados de entrada das simulações. Nas situações onde se adota o material de isolamento composto por poliestireno expandido com 5 cm de espessura a resistência térmica do isolamento é de $1,67\text{m}^2\text{K/W}$ e, nas situações onde o isolamento é desconsiderado, a resistência térmica do isolamento é nula.

4.5.3 Análise da influência do posicionamento da zona

No último grupo, realizam-se simulações a fim de verificar a influência do posicionamento da zona analisada no resultado final das temperaturas internas da edificação modelo. Nas simulações, os dados climáticos apresentados na seção 4.2 e as mesmas características construtivas descritas na seção 4.3 e 4.4 são utilizados como dados de entrada assim como as propriedades para um solo argiloso saturado descrito na Tabela 4.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são discutidas, inicialmente (item 5.1), as comparações das simulações executadas por distintos métodos de cálculo das trocas de calor entre o solo, o piso e as paredes das zonas subterrâneas da edificação modelo, no *software EnergyPlus*. Estas simulações são realizadas com o objetivo de obter a temperatura interna e externa das zonas representativas da edificação sob as mesmas circunstâncias climáticas, construtivas e para as mesmas condições termofísicas do solo. Posteriormente (itens 5.2 e 5.3), para o método de simulação *DetailedGroundHeatTransfer*, são apresentadas as comparações entre os resultados gerados pelas simulações com o intuito de determinar quais os parâmetros que mais influenciam nos processos de troca de calor interna dos cômodos subterrâneos do modelo analisado. No item 5.4 é realizado um estudo para verificar a influência do posicionamento de uma zona subterrânea na análise final das trocas de calor da edificação térrea.

Para testar o funcionamento do pré-processador *Basement* (pré-processador executado separadamente e anteriormente a simulação principal) e *DetailedGroundHeatTransfer* (módulo executado internamente ao programa e ao mesmo tempo em que ocorre a simulação principal) são realizados testes iniciais com as duas formas de acionamento e com os mesmos dados de entrada, conforme as instruções disponíveis no Apêndice A. Ambas as simulações testes apresentam todas as variáveis de saída com valores idênticos. Isso indica que quando o *DetailedGroundHeatTransfer* é acionado internamente, ele funciona corretamente. A partir desse resultado, para as simulações realizadas nas subseções 5.1 a 5.4 somente a opção o *DetailedGroundHeatTransfer* é utilizada.

5.1 Comparação dos métodos numéricos

Apresentam-se, nesta seção, os resultados da temperatura interna e externa, para um dia típico de verão e de inverno, obtidos pelas simulações executadas no *EnergyPlus*, para os diferentes tipos de modelos disponíveis no programa capazes de analisar o processo de troca de calor em ambientes que estão em contato com o solo. Os modelos analisados são: *GroundDomain* (*FiniteDifference*, *KusudaAchenbach* e *Xing*) e *DetailedGroundHeatTransfer*.

5.1.1 Verão

Na Tabela 5.1 apresentam-se as temperaturas máximas internas, para um dia típico de verão, para as quatro zonas analisadas para os diferentes modelos numéricos anteriormente mencionados. Nota-se que, tanto para a taxa de ventilação de 1 ren/h quanto 5 ren/h o critério estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é atendido para todos os tipos diferentes de modelagem, onde o valor máximo diário da temperatura do ar interior é menor que o valor máximo diário da temperatura do ar exterior para todas as zonas analisadas. Além disso, conforme o aumento das renovações de ar há uma tendência da temperatura interna aumentar no verão, aproximando-se da temperatura externa.

Tabela 5.1 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.

$T_{e,máx}$ (°C)	Zona	Método							
		GroundDomain						Ground Heat Transfer	
		KusudaAchenbach		FiniteDifference		Xing			
		1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h
31,9	1	26,4	27,1	26,8	27,4	26,9	27,5	25,5	26,4
	4	25,9	26,7	26,3	27,0	26,4	27,1	25,3	26,3
	7	29,4	29,6	29,5	29,6	29,5	29,6	29,0	29,2
	10	27,5	27,8	27,6	27,9	27,6	27,9	27,1	27,6

Em relação aos modelos é possível observar a proximidade dos resultados obtidos para os modelos de simulação *FiniteDifference* e *Xing* onde as temperaturas obtidas para o método de *Xing* são no máximo 0,3% maiores que no modelo *FiniteDifference* para a taxa de renovação de 1 ren/h. Este resultado já era esperado visto que a formulação numérica empregada em ambos os modelos têm influência dos trabalhos desenvolvidos por Xing (2014). Em contrapartida o modelo *KusudaAchenbach* apresenta temperaturas inferiores aos outros modelos que pertencem ao grupo *GroundDomain* chegando a alcançar 1,9% de diferença em relação ao modelo *Xing* e 1,6% em relação ao modelo *FiniteDifference*. Tal fato também pode ser justificado pela simplicidade do método numérico abordado por Kusuda e Achenbach (1965) e pelas poucas condições de contorno que o seu equacionamento exige.

Segundo o *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a) a diferença de temperatura interna do cômodo subterrâneo chega a ser de 2°C entre a situação onde não é considerada a análise do *DetailedGroundHeatTransfer* e sim a análise dos outros

métodos numéricos do *GroundDomain*, para ambientes condicionados típicos dos Estados Unidos. Já nesta análise, para um porão não condicionado, os resultados variam no máximo 0,9°C em relação ao modelo *KusudaAchenbach*, 1,3°C no modelo *FiniteDifference* e 1,4°C no modelo desenvolvido por *Xing*. Em todas as simulações a Zona 1 apresenta os resultados mais críticos sendo que as temperaturas internas fornecidas pelos modelos do objeto *GroundDomain* sempre apresentam resultados mais elevados que no modelo *DetailedGroundHeatTransfer*. De acordo com os resultados obtidos nesta primeira análise, pode-se concluir que, em ambientes não condicionados, a variação na temperatura interna, obtida pela adoção dos diferentes métodos citados, é inferior a 2°C. Vários fatores influenciaram nesse comportamento, tais como: adoção de números de ren/h para representar a ventilação natural, percentual dos fechamentos externos em contato com o solo, uso ou não de isolamento externo, o tipo de fechamento da edificação, dentre outros. Sendo assim, não é possível afirmar que a variação encontrada entre os métodos seria a mesma em outras tipologias arquitetônicas ou mesmo para as outras zonas bioclimáticas do Brasil.

Para as zonas pertencentes ao pavimento superior (Zona 7 e Zona 10) a variação de temperatura pode ser praticamente desconsiderada entre os modelos do objeto *GroundDomain* onde a variação máxima encontrada é de 0,2°C, na Zona 10, referente aos modelos *KusudaAchenbach* e *Xing*. Já o modelo *DetailedGroundHeatTransfer* apresenta temperaturas mais baixas na ordem de 1,2% em relação à Zona 10 do modelo de *KusudaAchenbach* até 1,7% em relação à Zona 10 do modelo de *Xing*.

Nos gráficos da Figura 5.1 e Figura 5.2 apresentam-se os valores horários da temperatura externa e interna do ar para os quatro tipos diferentes de métodos avaliados em um dia típico de verão, com um taxa de renovação de ar de 1 ren/h, para a Zona 1 e Zona 7, respectivamente. Novamente, é possível observar que os modelos pertencentes ao grupo *GroundDomain* possuem resultados de temperaturas próximos e mais elevados que os resultados obtidos no modelo *DetailedGroundHeatTransfer*. Tomando como referência o modelo *DetailedGroundHeatTransfer*, é possível observar que a temperatura interna da Zona 1 é sempre menor que a temperatura externa do ar ambiente do período das 8h até às 24h enquanto para a Zona 7 todos os modelos apresentam pouca variação

nas temperaturas internas e apresenta a temperatura interna inferior a temperatura externa na faixa horária de 9h as 19h do dia típico de verão.

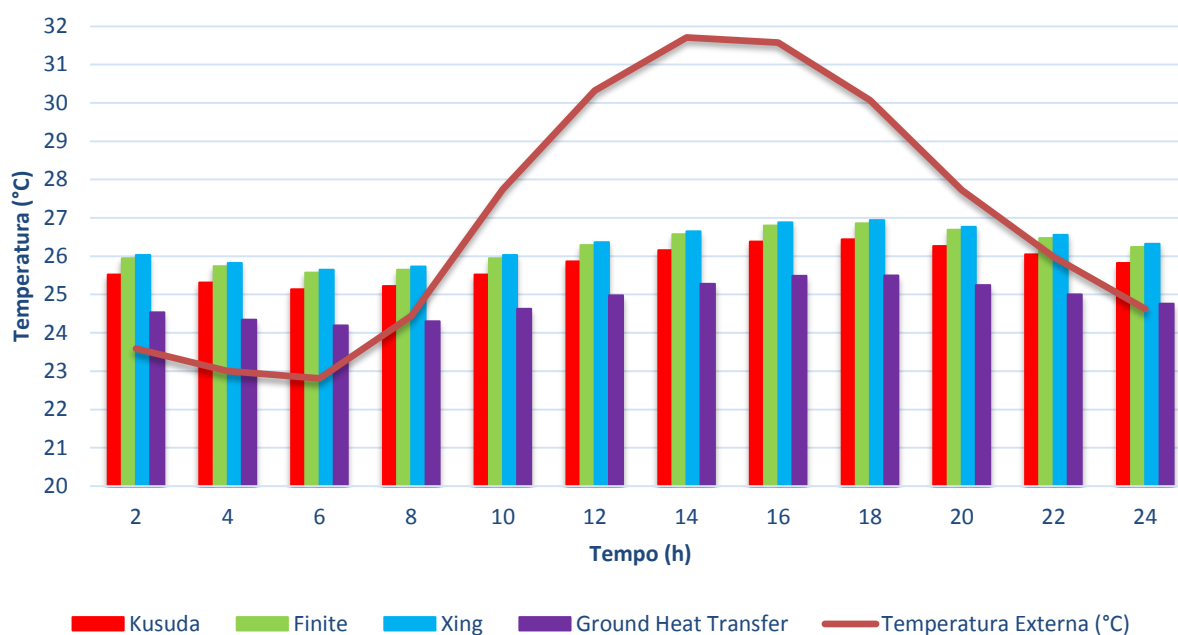


Figura 5.1- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1.

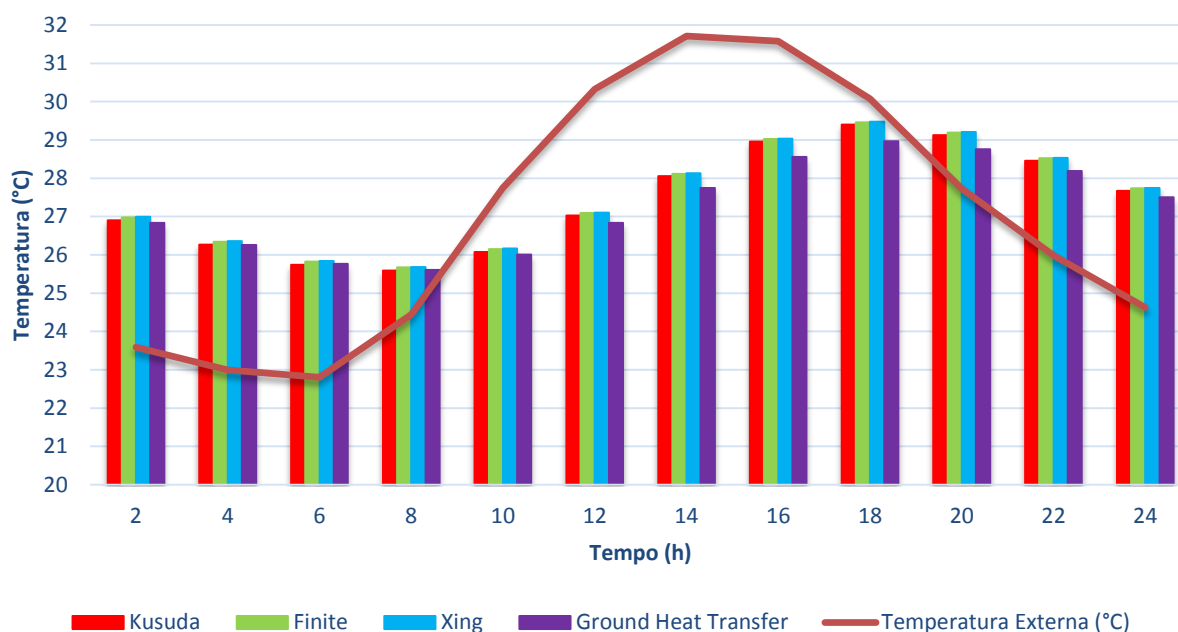


Figura 5.2- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 7.

5.1.2 Inverno

Na Tabela 5.2 apresentam-se as temperaturas mínimas internas, para um dia típico de inverno, para as quatro zonas analisadas nos distintos modelos numéricos. Assim

como ocorreu no verão, tanto para a taxa de ventilação de 1 ren/h quanto 5 ren/h o critério estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é atendido para todos os tipos diferentes de modelagem, onde os valores mínimos diários da temperatura do ar interior são maiores que a temperatura mínima externa acrescida de 3°C, exceto para a taxa de renovação de 5 ren/h na Zona 7 dos modelos pertencentes ao objeto *GroundDomain*. Ao contrário do que ocorre no verão, conforme o aumento das renovações de ar há uma tendência da temperatura interna diminuir no inverno, aproximando-se da temperatura externa.

Tabela 5.2 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.

$T_{e,mín} + 3$ (°C)	Zona	Método							
		GroundDomain						Ground Heat Transfer	
		KusudaAchenbach		Finite Difference		Xing			
		1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h	1ren/h	5ren/h
9,7	1	13,0	11,5	13,2	11,6	13,1	11,6	14,2	13,0
	4	13,3	11,7	13,5	11,8	13,5	11,8	14,2	12,7
	7	10,3	9,6	10,3	9,6	10,3	9,6	10,8	10,0
	10	11,9	10,8	12,0	10,9	12,0	10,9	12,3	11,2

Em relação aos modelos do objeto *GroundDomain* também é possível observar a proximidade dos resultados obtidos para os modelos de simulação *FiniteDifference* e *Xing* onde as temperaturas obtidas no modelo de *Xing* chegam a ser somente 0,1% menores que no modelo *FiniteDifference*. Novamente, o modelo *KusudaAchenbach* apresentou valores mais baixos de temperatura interna em relação aos modelos *FiniteDifference* e *Xing* chegando a alcançar 1,6% de diferença em relação ao modelo *FiniteDifference*. Já o modelo *DetailedGroundHeatTransfer* apresenta as temperaturas mínimas mais elevadas que os resultados fornecidos pelos modelos pertencentes ao objeto *GroundDomain* na ordem de 1,2°C em relação ao modelo *KusudaAchenbach*, 1,0°C em relação ao modelo *FiniteDifference* e 1,1°C para o modelo desenvolvido por *Xing*, sendo esta uma faixa de variação de temperatura próxima a encontrada no verão para as zonas pertencentes ao pavimento inferior.

Para as zonas pertencentes ao pavimento superior a variação de temperatura apresenta valores praticamente idênticos levando-se em conta os modelos do objeto *GroundDomain* onde a variação máxima encontrada é de 0,1°C referente à Zona 10

do modelo *KusudaAchenbach* em relação ao modelo *FiniteDifference* e *Xing*. Já o modelo *DetailedGroundHeatTransfer* apresenta temperaturas mais elevadas na ordem de 3,2% em relação à Zona 10 dos modelos *FiniteDifference* e *Xing* até 4,7% em relação à Zona 7 do modelo *KusudaAchenbach*, resultados mais expressivos que os obtidos para a simulação no verão.

Assim como para o dia típico de verão, apresentam-se nos gráficos da Figura 5.3 e Figura 5.4 os valores horários da temperatura interna e externa do ar para os diferentes tipos de métodos avaliados, em um dia típico de inverno e com uma taxa de renovação de ar de 1 ren/h para a Zona 1 e Zona 7, respectivamente. Para os modelos pertencentes ao *GroundDomain* é possível observar que os resultados são relativamente próximos tanto na Zona 1 quanto na Zona 7. Entretanto, para o modelo *DetailedGroundHeatTransfer* a temperatura interna da Zona 1 é significativamente mais elevada que para os outros modelos e está situada acima da curva que representa a temperatura externa do ambiente das 18h até às 11h do dia típico analisado. Para a Zona 7, o modelo *DetailedGroundHeatTransfer* apresenta uma variação interna de temperatura menos acentuada em relação aos outros modelos quando comparada a zona pertencente ao porão.

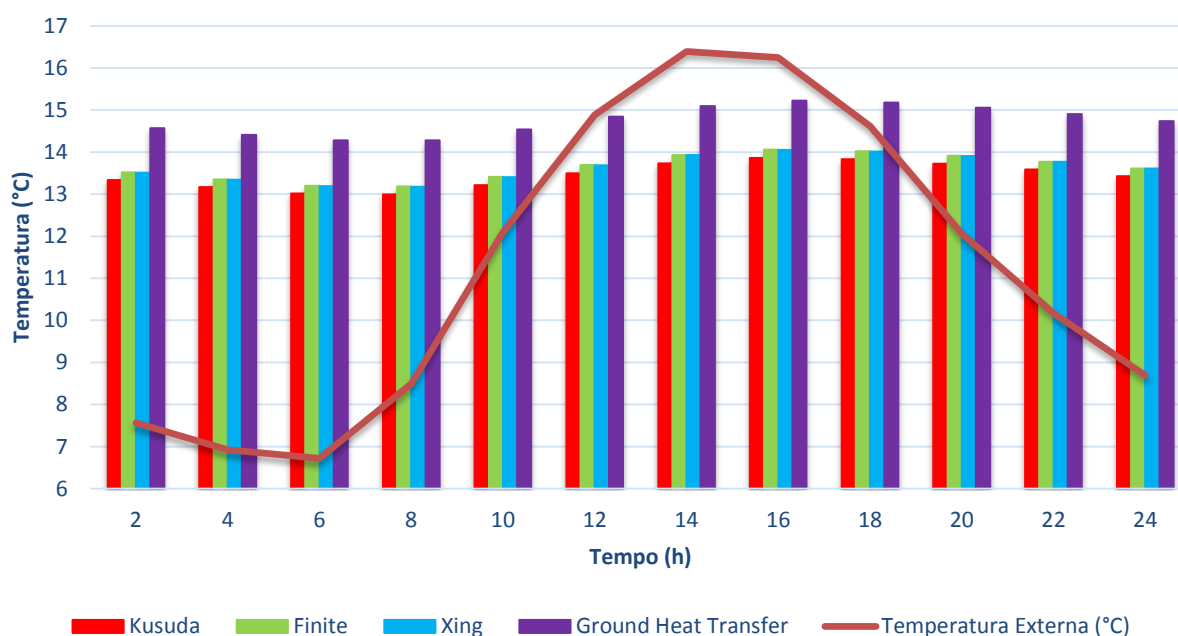


Figura 5.3- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1.

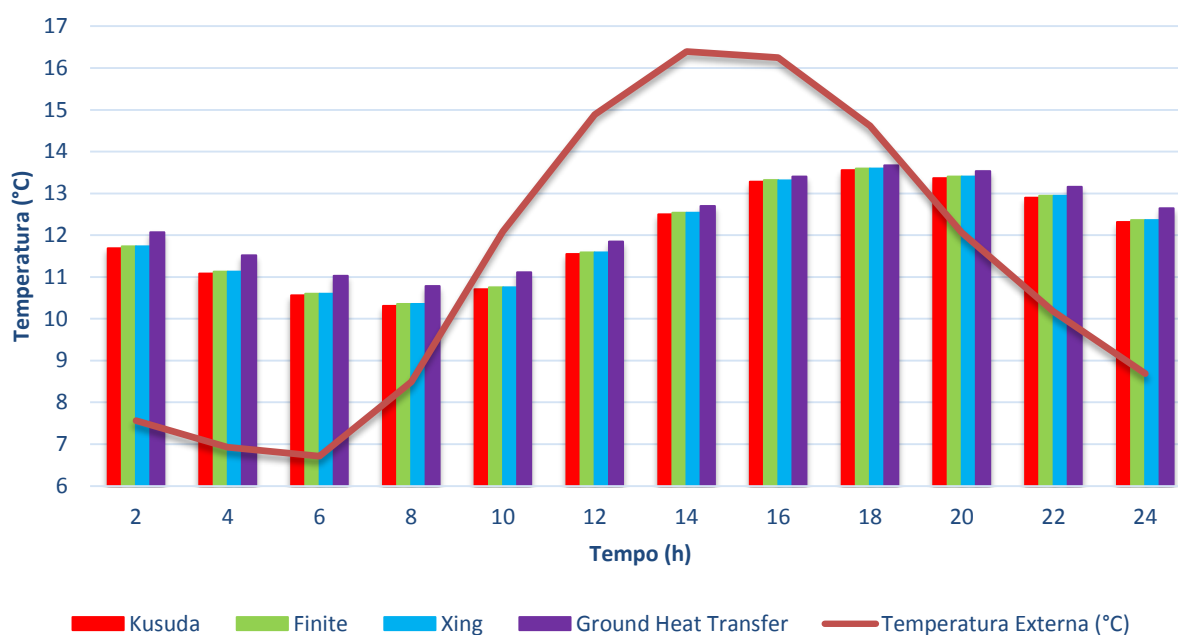


Figura 5.4- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 7.

5.2 Análise da influência das propriedades termofísicas do solo

Apresentam-se, nesta seção, os valores encontrados para a temperatura interna do ar ambiente levando-se em consideração a variação das propriedades termofísicas do solo. Os resultados ainda são apresentados e discutidos inicialmente para um dia típico de projeto de verão e, por fim, para um dia típico de projeto de inverno. Além disso, apresentam-se também os resultados obtidos para a temperatura da face interna e externa das paredes e piso do cômodo subterrâneo ao longo de um ano.

5.2.1 Verão

Na Tabela 5.3 apresentam-se os valores de temperaturas máximas internas, para um dia típico de verão, para os três tipos distintos de solos saturados presentes na Tabela 4.3. Novamente, o critério estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é atendido para todos os tipos de solo, uma vez que o valor máximo diário da temperatura interna do ar é menor que o valor máximo diário da temperatura do ar exterior para todas as zonas analisadas. Contudo, mesmo com as grandes variações das propriedades termofísicas do solo, os resultados gerados para as temperaturas internas apresentam pouca variação para todas as zonas simuladas, alcançando uma variação máxima de 1,6% entre o solo orgânico e arenoso na Zona 1.

Tabela 5.3 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.

<i>Te,máx</i> (°C)	Solo	Taxa de Ren.	Temperatura Interna (°C)			
			Zona 1	Zona 4	Zona 7	Zona 10
31,90	Arenoso	1 ren/h	25,4	25,2	28,9	27,1
		5 ren/h	26,3	26,3	29,2	27,6
	Argiloso	1 ren/h	25,5	25,3	29,0	27,1
		5 ren/h	26,4	26,3	29,2	27,6
	Orgânico	1 ren/h	25,8	25,6	29,0	27,2
		5 ren/h	26,6	26,5	29,2	27,6
<i>Diferença Média</i> (%)	1 ren/h		0,6	0,6	0,2	0,2
	5 ren/h		0,5	0,4	0	0
<i>Diferença Máxima</i> (%)	1 ren/h		1,6	1,6	0,3	0,4
	5 ren/h		1,1	0,8	0	0

Nos gráficos apresentados nas Figuras 5.5 e 5.6 pode-se visualizar a evolução da temperatura interna e externa, para um dia típico de verão, com uma taxa de ventilação de 1 ren/h para as zonas 1 e 7, respectivamente. Os mesmos resultados obtidos pela Tabela 5.3 podem ser interpretados pelas Figuras 5.5 e 5.6 onde é possível verificar a proximidade dos resultados encontrados de temperatura interna mesmo havendo a variação das propriedades termofísicas do solo, principalmente na zona pertencente ao pavimento superior (Zona 7) que não está em contato com o solo.

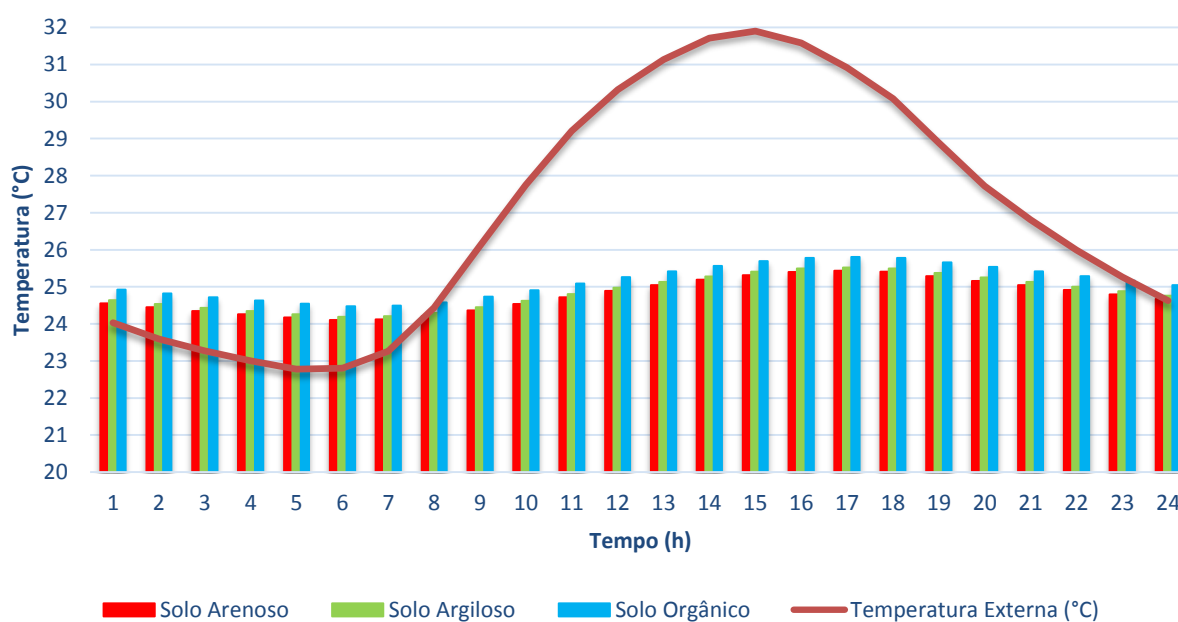


Figura 5.5- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1.

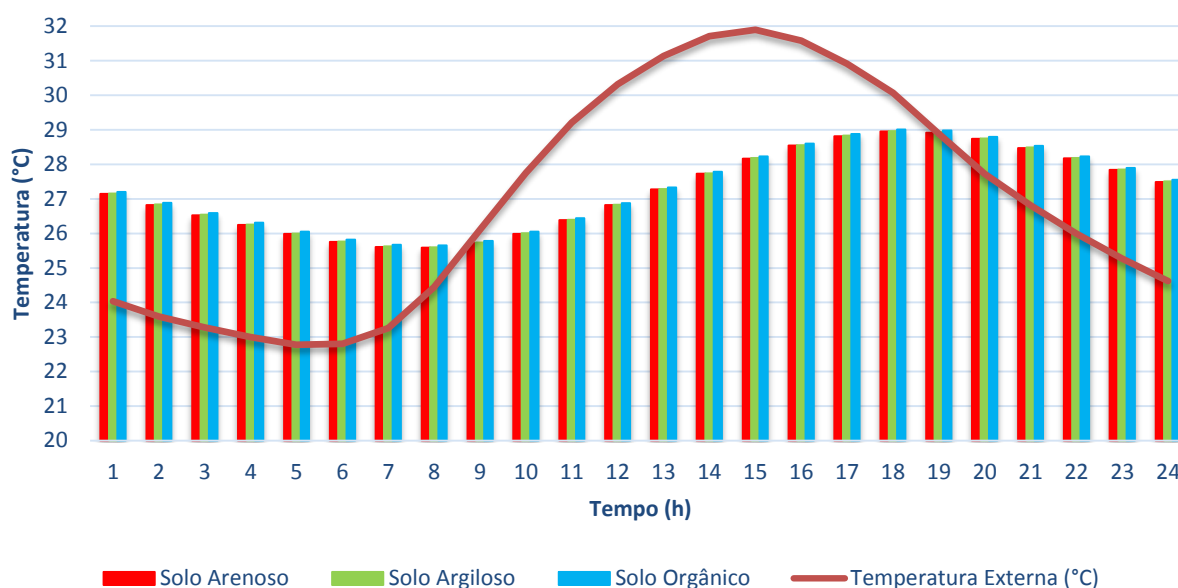


Figura 5.6- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 7.

Para garantir uma melhor visualização dos resultados apresenta-se na Figura 5.7 o gráfico das temperaturas internas obtidas para os diferentes tipos de solos analisados para a zona que apresenta os resultados mais críticos: Zona1. Observando os dados apresentados na Figura 5.7 verifica-se que o solo orgânico é capaz de gerar os valores mais altos de temperatura interna em comparação aos outros tipos de solo enquanto o solo arenoso é responsável pelos resultados mais baixos de temperatura interna. A variação de temperatura é constante ao longo do dia e alcança o valor de $0,4^{\circ}\text{C}$ em relação ao solo orgânico e arenoso, $0,3^{\circ}\text{C}$ entre o solo orgânico e argiloso e o valor de $0,1^{\circ}\text{C}$ entre o solo argiloso e arenoso.

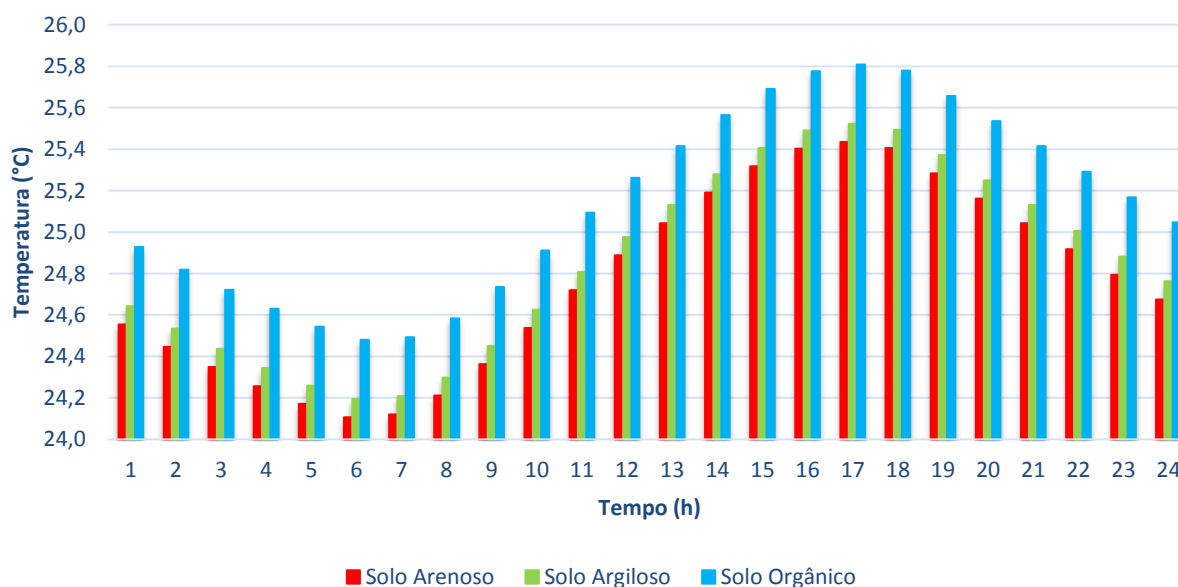


Figura 5.7- Evolução temporal da temperatura interna para um dia típico de verão – Zona1.

5.2.2 Inverno

Na Tabela 5.4 apresentam-se os valores das temperaturas mínimas internas, para um dia típico de inverno, para os perfis de solo saturado argiloso, arenoso e orgânico. Assim como ocorre para um dia típico de verão, o critério estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é atendido para todos os tipos de solos analisados. Conforme esperado, todos os resultados gerados para as temperaturas internas permanecem praticamente idênticos em todas as zonas analisadas, apresentando resultados ainda mais próximos que para as simulações de um dia típico de verão.

Tabela 5.4 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.

<i>Te,mín + 3 (°C)</i>	<i>Solo</i>	<i>Taxa de Ren.</i>	<i>Temperatura Interna (°C)</i>			
			Zona 1	Zona 4	Zona 7	Zona 10
9,7	<i>Arenoso</i>	1 ren/h	14,2	14,2	10,8	12,3
		5 ren/h	13,0	12,7	10,0	11,2
	<i>Argiloso</i>	1 ren/h	14,2	14,2	10,8	12,3
		5 ren/h	13,0	12,7	10,0	11,2
	<i>Orgânico</i>	1 ren/h	14,2	14,2	10,8	12,3
		5 ren/h	13,0	12,7	10,0	11,2

Nos gráficos apresentados pelas Figuras 5.8 e 5.9, é possível visualizar a evolução da temperatura interna e externa ao longo do dia, para um dia típico de inverno e para uma taxa ventilação de 1 ren/h, nas zonas 1 e 7, respectivamente. Tanto na Zona 1 quanto na Zona 7 os valores apresentados permanecem praticamente inalterados para todos os tipos de solos simulados justificando, assim, os resultados mencionados anteriormente na Tabela 5.4.

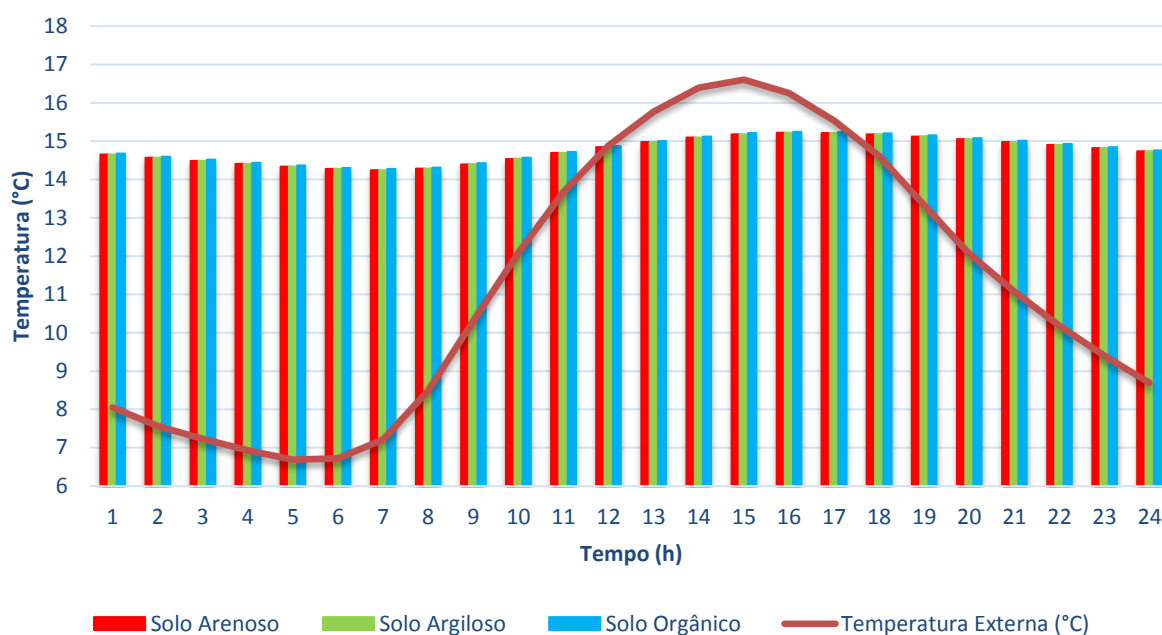


Figura 5.8- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1.

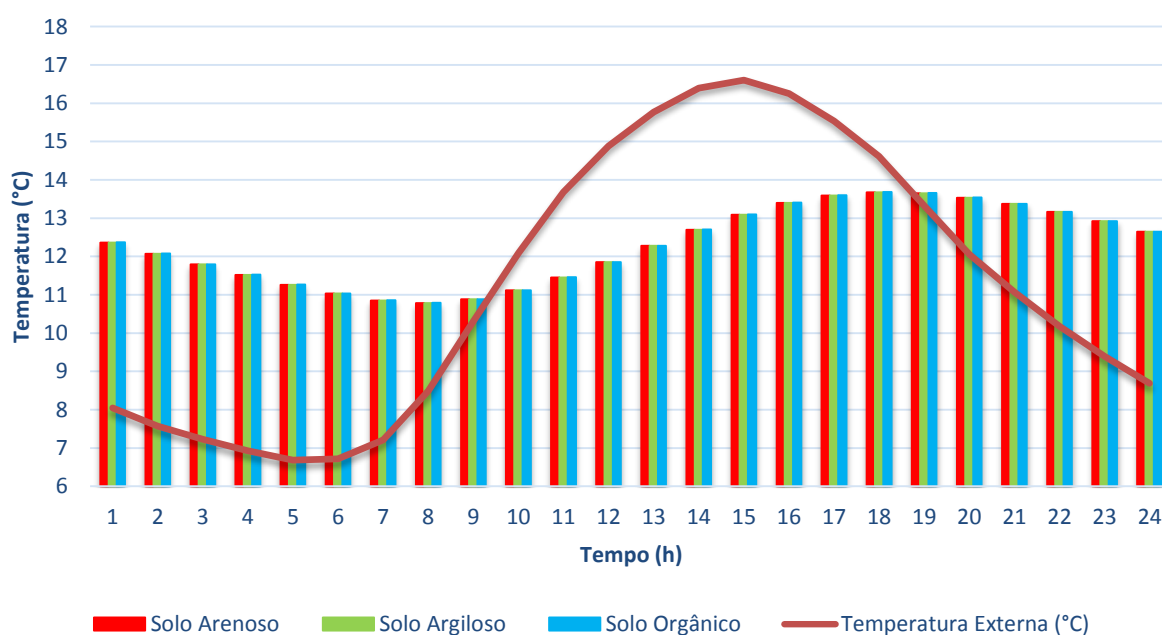


Figura 5.9- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 7.

Novamente, para garantir mais clareza na interpretação dos resultados, na Figura 5.10 apresenta-se o gráfico das temperaturas internas obtidas para os três tipos de solos analisados para a Zona 1, onde é possível verificar uma pequena variação da temperatura obtida (variação constante de 0,02°C) entre os solos argiloso/arenoso e orgânico sendo que as simulações para um solo arenoso e orgânico não apresentam variação de temperatura interna. Nota-se que a variação das

propriedades do solo pouco influencia o desempenho térmico das zonas pertencentes ao cômodo subterrâneo no inverno (até 0,02°C), enquanto no verão a variação de temperatura interna da edificação alcança valores mais expressivos (até 0,4°C).

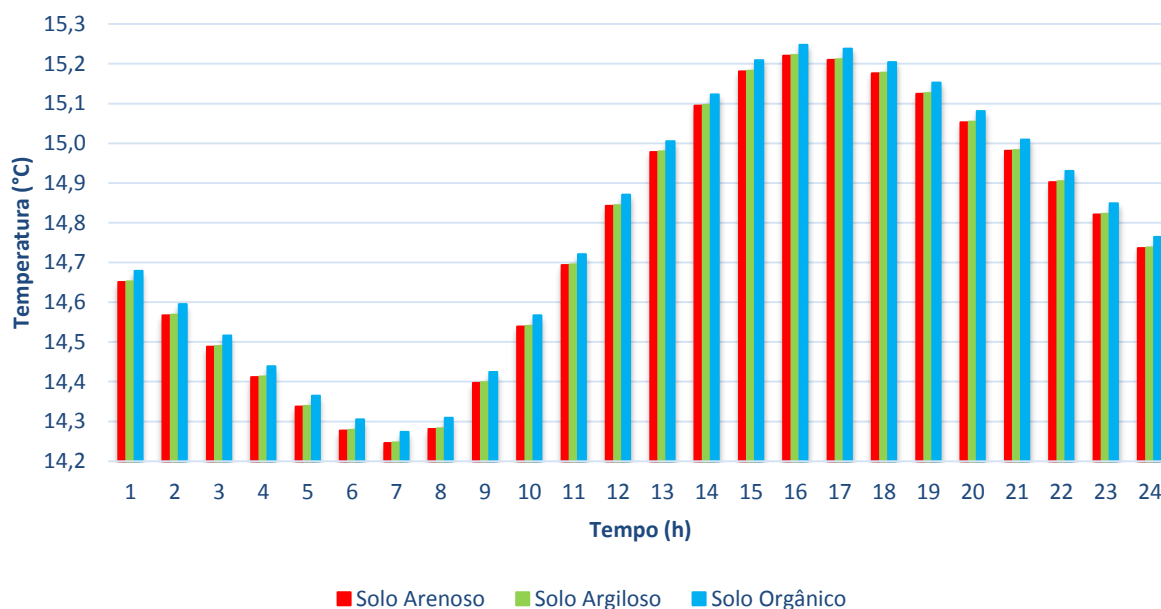


Figura 5.10- Evolução temporal da temperatura interna para um dia típico de inverno – Zona 1.

5.2.3 Verificação da temperatura das paredes e piso do porão

Apesar das simulações com a variação do tipo de solo terem apresentado resultados de temperatura interna nas zonas analisadas praticamente similares, tanto para um dia típico de verão e principalmente para um dia típico de inverno, os tempos de execução para os três tipos de solo analisados são diferentes para as mesmas especificações técnicas da ferramenta computacional utilizada nas simulações. Além disso, o fator f de solução ADI teve que ser modificado para que os resultados alcançassem a convergência nas simulações. Para o solo argiloso o fator f utilizado é igual a 0,3, valor este recomendado por Clements (2004) para solos que possuem alta condutividade térmica. Contudo, para o solo arenoso que possui um valor de condutividade térmica mais elevado que o solo argiloso, o fator f teve que ser diminuído até o valor de 0,1 para atender ao critério estabelecido por Cogil (1998) para atingir a estabilidade da convergência (ver Equação 3.40). Para o solo orgânico o fator f utilizado é o padrão, 0,1, pois esse tipo de solo possui um baixo valor de condutividade térmica. Todos os solos alcançam a convergência com 4 anos de

simulação, com exceção do solo orgânico que converge com 5 anos. Além disso, o tempo de simulação do solo orgânico é 18% maior que para os outros tipos de solo.

Devido a essas diferenças de desempenho, uma nova abordagem é desenvolvida, apresentando-se as variações de temperatura média na face interna e externa das paredes e piso do cômodo subterrâneo, para os 12 meses do ano que alcança a convergência na execução do modelo e para os três tipos de solos saturados analisados (Tabela 5.5 e Tabela 5.6).

Tabela 5.5 – Temperatura média das faces externas e internas das paredes do cômodo subterrâneo.

Mês	Temperatura (°C)					
	Face externa da parede			Face interna da parede		
	<i>Argiloso</i>	<i>Arenoso</i>	<i>Orgânico</i>	<i>Argiloso</i>	<i>Arenoso</i>	<i>Orgânico</i>
<i>Janeiro</i>	23,4	23,3	23,8	23,7	23,7	23,9
<i>Fevereiro</i>	23,4	23,3	23,8	23,7	23,7	23,9
<i>Março</i>	23,4	23,3	23,8	23,7	23,7	23,9
<i>Abril</i>	17,2	17,7	17,3	16,6	16,6	16,6
<i>Mai</i>	16,5	16,5	16,6	16,2	16,2	16,3
<i>Junho</i>	16,3	16,3	16,4	16,1	16,1	16,2
<i>Julho</i>	16,2	16,2	16,3	16,1	16,1	16,1
<i>Agosto</i>	16,2	16,2	16,3	16,0	16,0	16,1
<i>Setembro</i>	16,3	16,3	16,4	16,1	16,1	16,2
<i>Outubro</i>	22,4	22,3	22,8	23,2	23,1	23,4
<i>Novembro</i>	22,9	22,8	23,5	23,5	23,4	23,8
<i>Dezembro</i>	23,2	23,2	23,7	23,6	23,6	23,9

Tabela 5.6 – Temperatura média das faces externas e internas da laje do cômodo subterrâneo.

Mês	Temperatura (°C)					
	Face externa da laje			Face interna do piso		
	<i>Argiloso</i>	<i>Arenoso</i>	<i>Orgânico</i>	<i>Argiloso</i>	<i>Arenoso</i>	<i>Orgânico</i>
<i>Janeiro</i>	23,0	22,8	23,5	23,3	23,1	23,6
<i>Fevereiro</i>	23,0	22,9	23,5	23,3	23,2	23,6
<i>Março</i>	23,1	22,9	23,5	23,3	23,2	23,7
<i>Abril</i>	17,2	17,2	17,1	16,7	16,7	16,7
<i>Mai</i>	16,4	16,4	16,3	16,2	16,3	16,2
<i>Junho</i>	16,3	16,3	16,2	16,1	16,2	16,1
<i>Julho</i>	16,2	16,2	16,1	16,1	16,1	16,1
<i>Agosto</i>	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,0
<i>Setembro</i>	16,1	16,1	16,1	16,0	16,0	16,0
<i>Outubro</i>	21,8	21,7	22,3	22,4	22,3	22,8
<i>Novembro</i>	22,7	22,5	23,2	23,0	22,9	23,4
<i>Dezembro</i>	22,9	22,7	23,4	23,2	23,0	23,6

Já na Figura 5.11 informa-se a variação de temperatura obtida fazendo-se a diferença entre a temperatura da face interna e a externa das paredes do porão da edificação modelo, onde é possível verificar que a diferença de temperatura máxima apresentada entre a temperatura da face interna e a externa é de $0,8^{\circ}\text{C}$ para o solo argiloso e para o solo arenoso e $0,7^{\circ}\text{C}$ para o solo orgânico. A mesma análise é apresentada na Figura 5.12 para representar a variação de temperatura da face interna do piso e a face externa da laje sob o solo onde a variação de temperatura máxima é de $0,6^{\circ}\text{C}$ para o solo argiloso e para o solo arenoso e de $0,4^{\circ}\text{C}$ para o solo orgânico.

Diante desses resultados é possível concluir que, neste modelo, as paredes de um cômodo subterrâneo são mais propensas à variação de temperatura quando comparadas à laje do porão. Tal fato pode ser explicado pelo tipo de material adotado nas simulações, onde a laje é composta por concreto enquanto as paredes são constituídas por tijolo, um material de menor inércia térmica. Ainda é possível observar que mesmo ocorrendo a variação das temperaturas das faces internas e externas do cômodo subterrâneo, em função da modificação das propriedades termofísicas dos solos analisados, tais resultados não são capazes de influenciar significativamente a temperatura interna do ar na edificação.



Figura 5.11- Diferença de temperatura média entre a face interna e externa das paredes do porão.

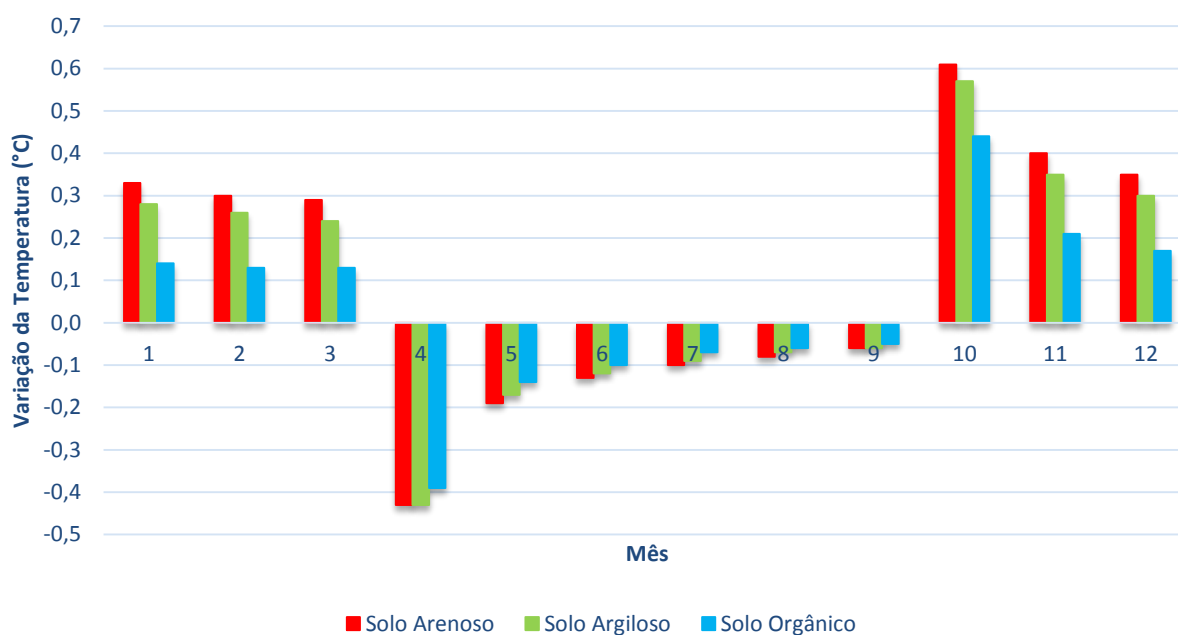


Figura 5.12- Diferença de temperatura média entre a face interna e externa do piso do porão.

5.3 Análise da influência do material de isolamento das paredes e piso do cômodo subterrâneo

Com o propósito de investigar a influência da presença do material de isolamento, situado apenas nas superfícies externas das paredes e laje do cômodo subterrâneo, analisa-se, nesta seção, os resultados obtidos para as simulações onde é adotada a presença de material isolante e as simulações desconsiderando-se o material de isolamento, nas paredes e piso do cômodo subterrâneo. Apresenta-se os resultados e as discussões separadamente para um dia típico de projeto de verão e para um dia típico de projeto de inverno.

5.3.1 Verão

Na Tabela 5.7 informa-se os valores das temperaturas máximas internas, em todas as zonas simuladas para um dia típico de verão e para as duas situações analisadas: com a presença do material isolante e sem a presença do material de isolamento nas paredes e piso do cômodo subterrâneo. Em ambos os casos as exigências de desempenho térmico estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) são atendidas.

Os resultados da Tabela 5.7 indicam que a presença do material de isolamento faz com que uma menor proporção de temperatura interna, em todas as zonas, sejam dissipadas para o solo. Ainda, como a temperatura do solo é geralmente mais baixa que a temperatura interna do porão, no verão, as superfícies que estão em contato com o solo tendem a perder calor para o solo circundante, mesmo quando a temperatura externa do ar é muito quente, não havendo assim ganho de calor através das paredes e piso do porão.

Tabela 5.7 – Condições máximas de temperatura interna, para um dia típico de verão.

$T_{e,máx}$ (°C)	Material Isolante	Taxa de Ren.	Temperatura Interna (°C)			
			Zona 1	Zona 4	Zona 7	Zona 10
31,9	<i>Sem (espessura=0)</i>	1 ren/h	25,1	25,1	28,9	27,0
		5 ren/h	26,1	26,2	29,2	27,5
	<i>Com (espessura = 5cm)</i>	1 ren/h	25,5	25,3	29,0	27,1
		5 ren/h	26,4	26,3	29,2	27,6

O gráfico de barras apresentado na Figura 5.13 ilustra a variação de temperatura interna das zonas 1 e 7, para um dia típico de verão e uma taxa de ventilação de 1ren/h, onde é possível visualizar o comportamento constante da taxa de variação (0,4°C) das temperaturas da Zona 1 obtidas entre a simulação onde o material isolante está presente e a simulação desconsiderando-se a presença do material de isolamento. Para a Zona 7 essa taxa de variação também é constante (0,1°C) durante as 24 horas do dia analisado.

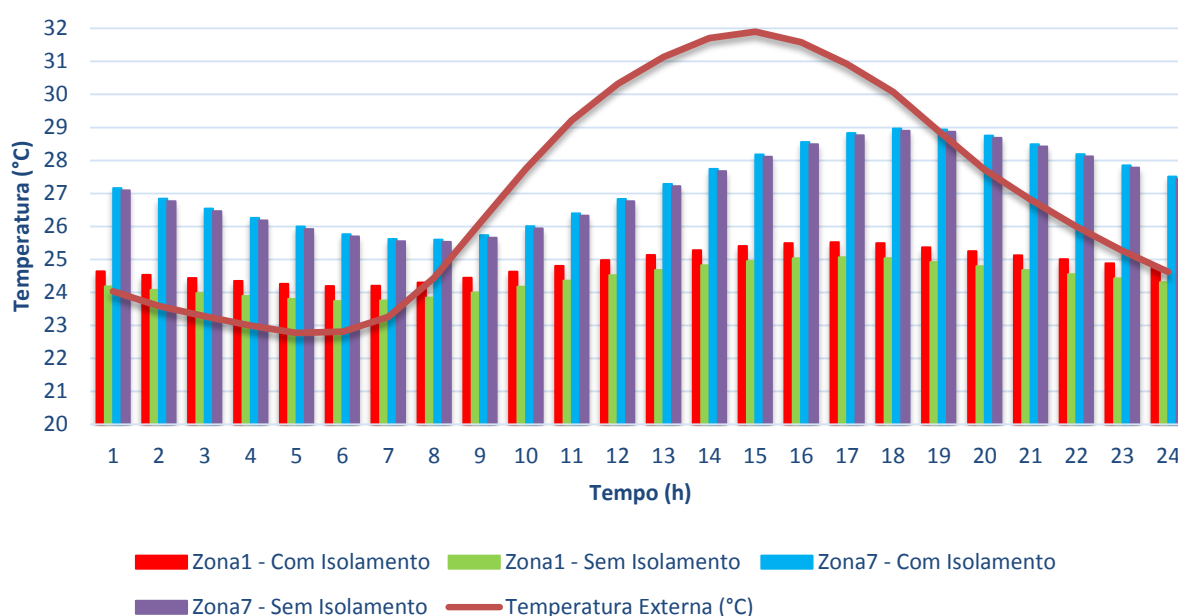


Figura 5.13- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão – Zona 1 e Zona 7.

5.3.2 Inverno

Na Tabela 5.8 informam-se os valores mínimos das temperaturas internas obtidos nas simulações para um dia típico de inverno nas duas situações analisadas. Assim como ocorre para a análise no verão, o critério estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é atendido. Além disso, os resultados apresentados na Tabela 5.8 apontam o mesmo comportamento encontrado para a simulação de um dia típico de verão. Para todas as zonas analisadas a presença do material isolante térmico faz com que temperaturas mais elevadas sejam mantidas no interior da edificação, evitando-se assim, em uma menor escala, a dissipação de calor para o solo.

Tabela 5.8 – Condições mínimas de temperatura interna, para um dia típico de inverno.

<i>Te,mín + 3 (°C)</i>	<i>Material Isolante</i>	<i>Taxa de Ren.</i>	<i>Temperatura Interna (°C)</i>			
			Zona 1	Zona 4	Zona 7	Zona 10
9,7	<i>Sem (espessura=0)</i>	1 ren/h	14,1	14,2	10,8	12,3
		5 ren/h	12,9	12,7	10,0	11,2
	<i>Com (espessura =5cm)</i>	1 ren/h	14,2	14,2	10,8	12,3
		5 ren/h	13,0	12,7	10,0	11,2

No gráfico apresentado na Figura 5.14 é possível visualizar a variação de temperatura interna das zonas 1 e 7, para um dia típico de inverno e uma taxa de renovação de ar de 1ren/h. Novamente, o comportamento da variação de temperatura é praticamente constante ao longo do dia analisado e a taxa de variação das temperaturas obtidas entre as duas situações varia apenas 0,1°C para a zona pertencente ao porão enquanto para a Zona 7 a variação é desprezível. Consequentemente, apesar do efeito ser pouco pronunciado, com a adição do material de isolamento a perda indesejada de calor no ambiente é reduzida, reduzindo-se também a capacidade do solo em “esfriar” o porão durante a estação do inverno. Além disso, o material de isolamento adotado (poliestireno) é mais eficaz no verão do que no inverno onde a temperatura interna é conservada com a adição do isolamento.

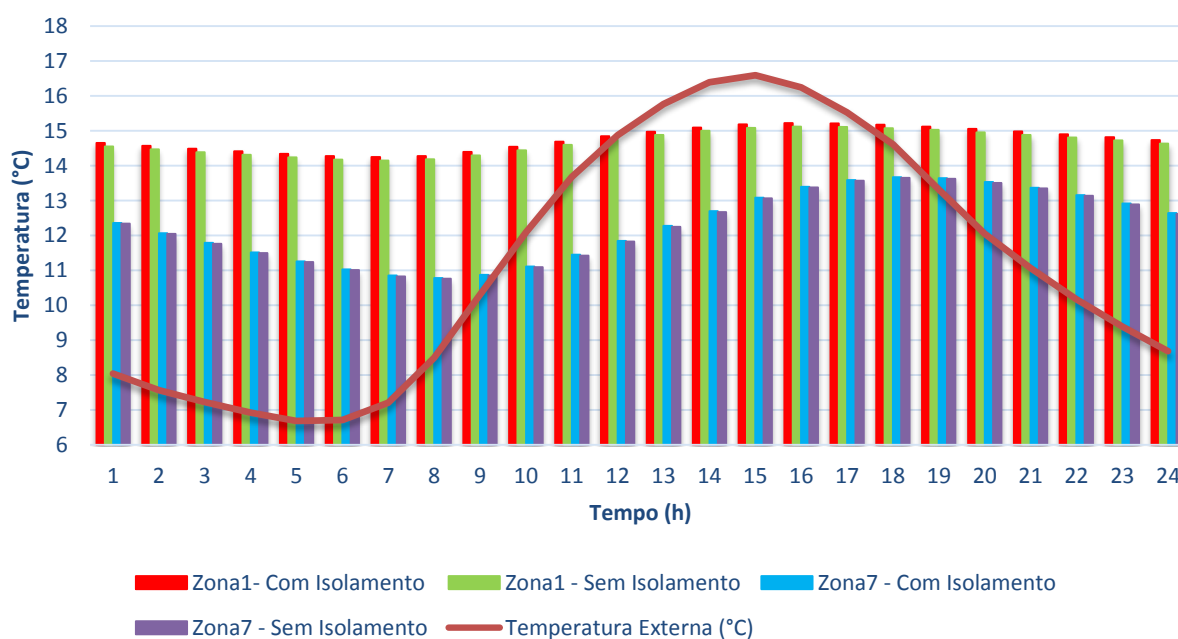


Figura 5.14- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno – Zona 1 e Zona 7.

5.4 Análise da influência do posicionamento da zona

Em todos os resultados apresentados até o momento a temperatura interna da Zona 1 (ambiente da edificação posicionado no canto superior esquerdo e delimitado pelo solo por duas paredes) e da Zona 4 (zona pertencente a região central do pavimento subterrâneo e, conseqüentemente, não delimitada pelo solo) sempre forneceram valores diferentes nas seções 5.1, 5.2 e 5.3. Diante desses fatos, essa etapa dos resultados tem por objetivo verificar a influência que essa diferença de posicionamento do ambiente pode acarretar na análise final da edificação.

5.4.1 Verão

No gráfico apresentado na Figura 5.15 é possível identificar a variação de temperatura interna do ar existente entre as zonas analisadas ao longo de um dia típico de verão para um taxa de renovação de ar de 1ren/h. Destaca-se nesses resultados o fato das temperaturas pertencentes à Zona 4 serem quase sempre mais elevadas que as temperaturas da Zona 1, ou seja, como a temperatura do solo no verão é sempre menor que a temperatura interna do ambiente, essa diferença de temperatura pode estar relacionada a perda de calor do ambiente interno para o

solo, por condução nas paredes e piso do porão, ser mais acentuada na Zona 1 do que na Zona 4, que somente troca calor com o solo através do piso do porão.

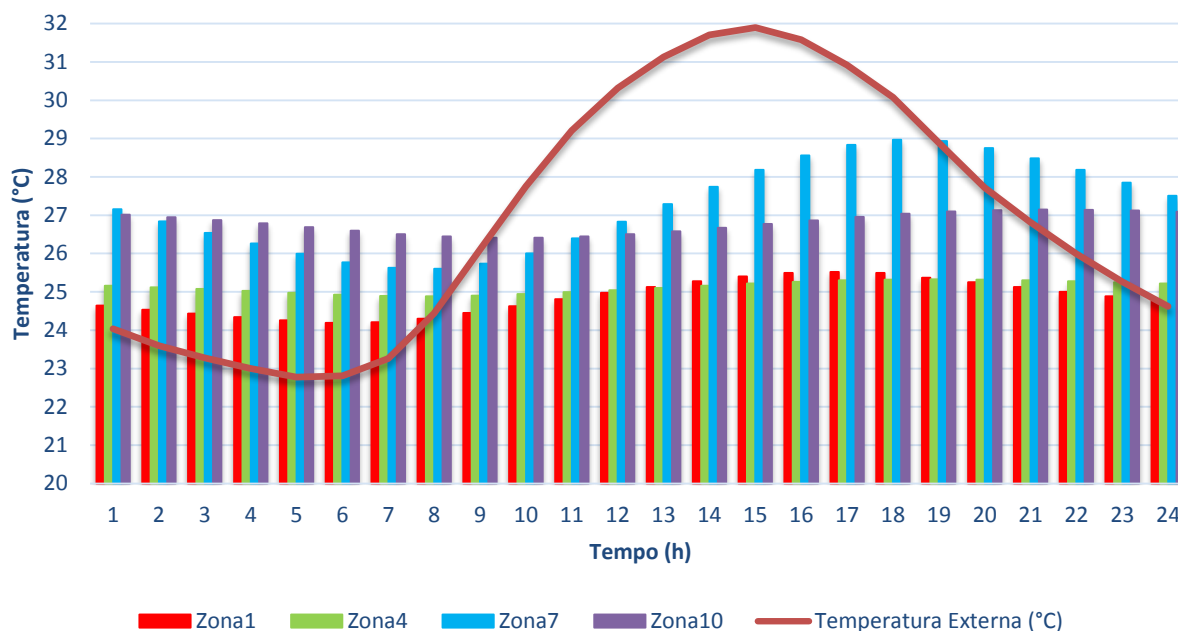


Figura 5.15- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de verão.

Fazendo-se a correlação entre a variação da temperatura interna das zonas pertencentes ao porão e a variação das zonas pertencentes ao pavimento superior, obteve-se o gráfico de barras que informa os valores dessas variações de temperatura ao longo de um dia típico de verão com uma taxa de ventilação de 1ren/h (Figura 5.16). Nesse gráfico é possível observar que a Zona 4 possui temperaturas mais elevadas que as temperaturas da Zona 1 durante 17 horas do dia analisado (das 20h até às 12h), alcançando o valor máximo de 0,7°C às 6h da manhã enquanto o valor máximo perdido de temperatura é de 0,2°C às 17h.

Em contrapartida, a variação de temperatura entre os ambientes simulados do primeiro pavimento experimenta flutuações mais significativas durante o dia, chegando a zona pertencente à região central (Zona 10) aumentar 0,9°C às 7h em relação à Zona 7 e perder até 1,9°C às 18h. Essas diferenças de temperatura nas zonas pertencentes ao primeiro pavimento podem ser justificadas pelo posicionamento dos cômodos em relação à incidência do sol durante o período da tarde em função do posicionamento da edificação no terreno, sendo que no cômodo central não ocorre incidência solar direta em nenhum momento do dia.

Consequentemente, a Zona 7 tende a apresentar temperaturas mais elevadas que a Zona 10 durante o horário que recebe a incidência solar e temperaturas mais baixas que as da Zona 10 nos demais horários do dia. Além disso, a temperatura interna sofre influência da inércia térmica das paredes que tem por característica a capacidade de armazenar calor e restituí-lo pouco a pouco ao longo do dia.

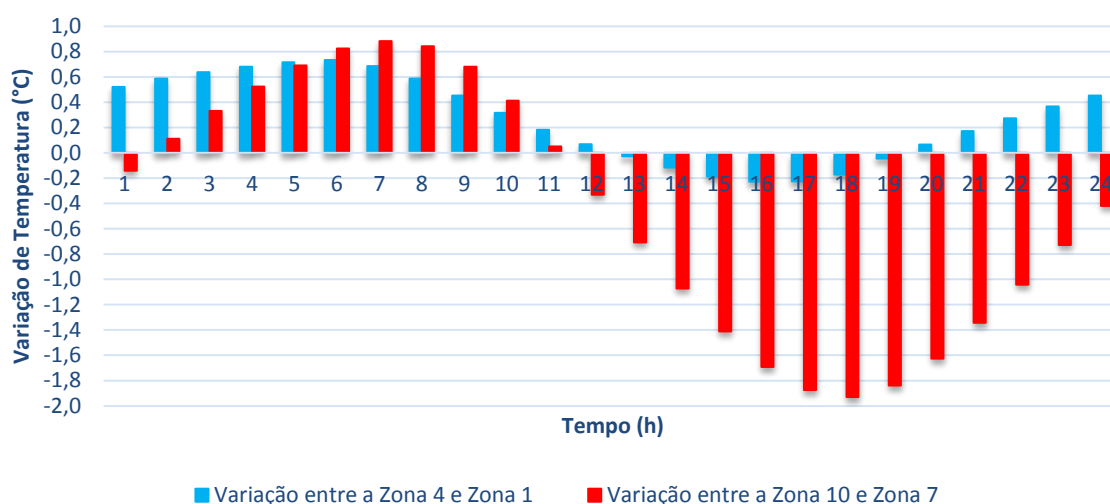


Figura 5.16- Variação da temperatura interna ao longo do dia para um dia típico de verão.

5.4.2 Inverno

O mesmo procedimento de análise é realizado para um dia típico de inverno onde as condições mínimas de temperatura são analisadas para um taxa de renovação de ar de 1ren/h. A partir do gráfico da Figura 5.17 pode-se constatar que a temperatura interna da Zona 4 é sempre menor que a temperatura interna da Zona 1, fato oposto ao que ocorre para a análise de um dia típico de verão. Como a temperatura do solo, no inverno, é sempre mais alta que a temperatura interna do ar, para alcançar o equilíbrio térmico, as paredes e piso que estão em contato com o solo tendem a conduzir calor para o interior do ambiente enquanto na Zona 4 esse calor só é transmitido através do piso do porão.

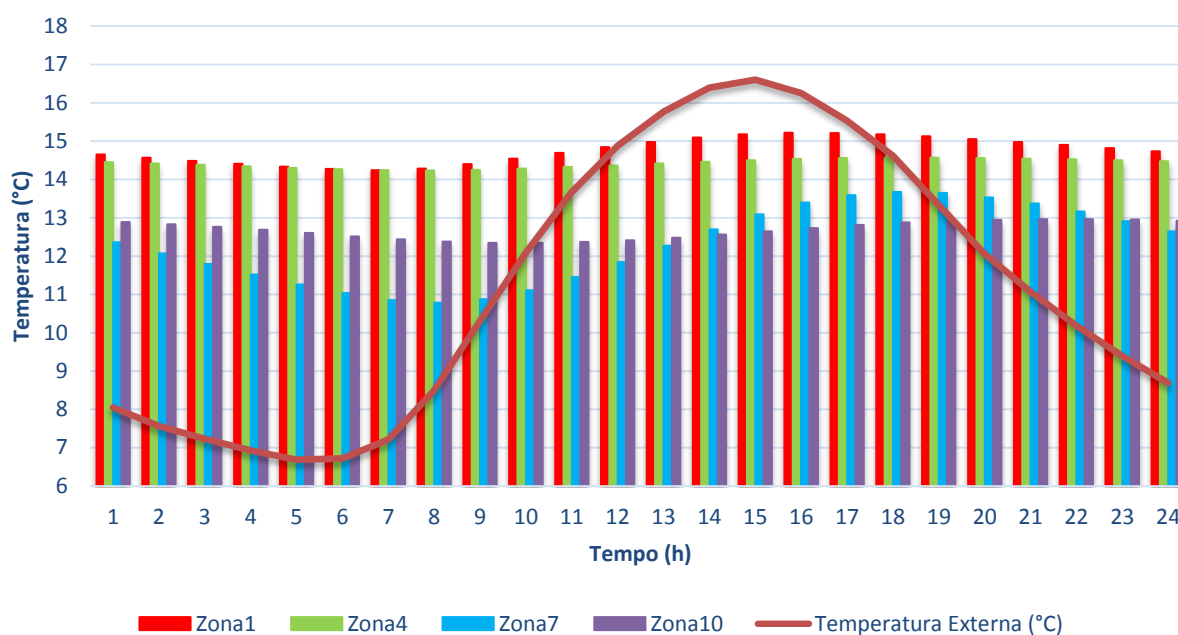


Figura 5.17- Evolução temporal da temperatura interna e externa para um dia típico de inverno.

Já os dados mostrados na Figura 5.18 apresentam a variação de temperatura interna, para um dia típico de inverno, das zonas pertencentes ao porão e a variação de temperatura interna das zonas pertencentes ao primeiro pavimento. A partir da interpretação do gráfico é possível observar que, para as 24 horas do dia analisado, a Zona 4 possui sempre temperaturas inferiores as temperaturas da Zona 1, alcançando o valor máximo de 0,7°C às 15h e um valor mínimo praticamente nulo às 7h da manhã. Em relação à variação de temperatura das zonas pertencentes ao pavimento térreo os valores obtidos são mais pronunciados que nos demais ambientes, chegando a Zona 10 aumentar 1,6°C em relação a Zona 7, às 8h, e perder até 0,8°C, às 18h. Deve-se observar que o período incidência solar na Zona 7 é mais acentuado no período da manhã, onde as temperaturas da Zona 7 são mais elevadas que as da Zona 10.

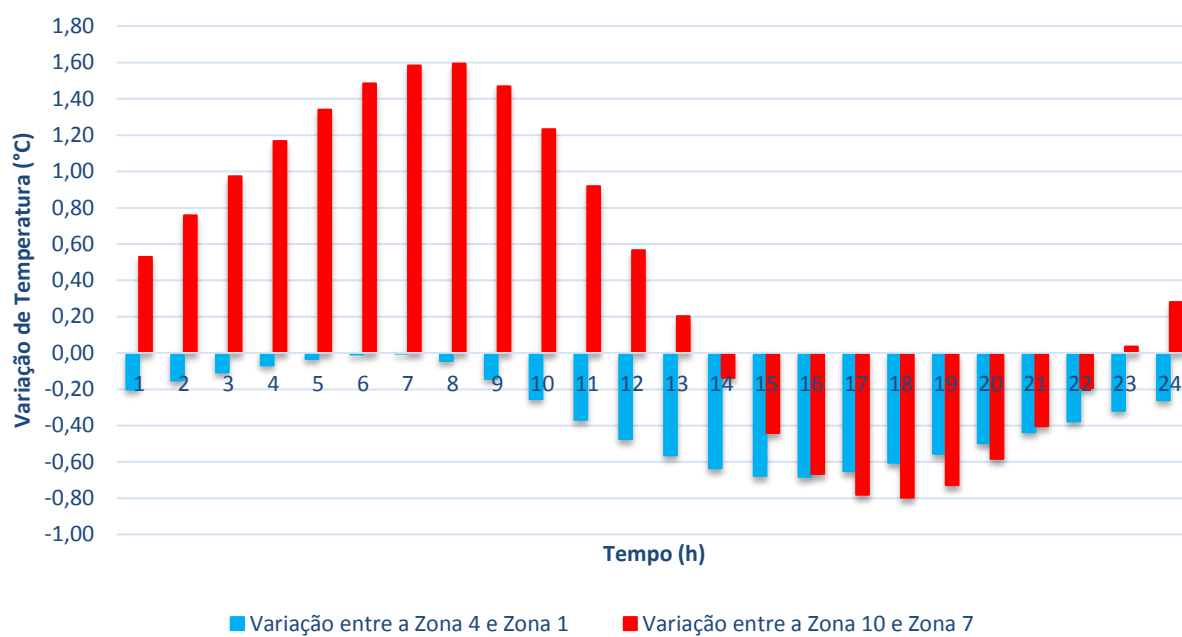


Figura 5.18- Variação da temperatura interna ao longo do dia para um dia típico de inverno.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo é avaliada a influência do efeito do processo de transferência de calor através do piso e paredes subterrâneos, por meio do programa *EnergyPlus*, no desempenho térmico de edificações térreas naturalmente ventiladas. Os valores obtidos de temperatura interna da edificação levam em consideração a influência da análise térmica calculada pelo modelo de transferência de calor, associados ao solo, desenvolvido basicamente por Cogil (1998) e aprimorado posteriormente por outros pesquisadores.

Nesta pesquisa ainda investiga-se o funcionamento do pré-processador *Basement (DetailedGroundHeatTransfer)* frente aos diferentes modelos numéricos das trocas de calor entre o solo, paredes e pisos de cômodos subterrâneos que o *EnergyPlus* apresenta, observando-se qual delas representa uma avaliação mais condizente com a realidade. Para tal, é realizada uma profunda pesquisa bibliográfica sobre todos os modelos numéricos implementados nos métodos de simulação a fim de melhor compreender o funcionamento do programa e identificar qual dessas opções melhor representa a análise proposta. No entanto, mesmo verificando que o modelo de simulação do pré-processador *Basement* possui uma abordagem mais sofisticada e que leva em conta uma série de parâmetros que os demais modelos não consideram, existe uma grande necessidade de se conhecer melhor o tema investigado e, por meio de comparações com dados reais, definir o processo de cálculo que melhor representa a realidade, pois há incertezas em diversos dos dados de entrada. Além disso, a validação destes modelos é realizada para países que possuem um clima adverso ao clima brasileiro, gerando incertezas quanto ao seu correto funcionamento uma vez que não existem pesquisas correlatas a título de comparação realizadas no Brasil.

Quanto à variação das propriedades termofísicas do solo, a literatura aponta as dificuldades em relação a esses parâmetros, já que eles são variáveis ao longo do ano e deveriam ser preferencialmente oriundos de medição. Nas simulações, a variação das propriedades do solo é um dos parâmetros que apresentou pouca influência no resultado final da temperatura interna da edificação onde também é verificado alterações nas temperaturas das faces internas e externas das paredes e pisos do porão em função do tipo de solo analisado (argiloso, arenoso e orgânico).

As análises ainda levam em consideração solos saturados que correspondem a condição mais crítica que um solo pode apresentar e que normalmente não são encontradas na natureza. Os resultados apontam temperaturas mais elevadas nas faces externas do porão e na temperatura interna ambiente para o solo orgânico e temperaturas menos elevadas para o solo argiloso.

O uso do isolamento térmico tem por objetivo minimizar os fluxos de calor quer por problemas econômicos (economizar energia) ou ainda por critério de conforto térmico. Em um porão não condicionado, que não é aquecido nem resfriado mecanicamente, apenas ocorrem flutuações de temperatura devido à transferência de calor entre o porão e as fontes de calor do ambiente. Como a temperatura do solo é geralmente mais baixa que a temperatura interna do porão, no verão, há uma tendência do cômodo subterrâneo sempre fornecer calor para o solo com a finalidade de encontrar o equilíbrio térmico e o processo inverso ocorre no inverno. A fim de evitar perdas de calor no ambiente interno o isolamento testado neste trabalho exerce um papel de importância no desempenho térmico dos cômodos subterrâneos da edificação analisada, principalmente no verão. De modo que, quanto maior for a resistência térmica alcançada pelo material isolante maior será a resistência imposta ao mecanismo de condução de calor existente entre a parede/piso e o solo e, conseqüentemente, mais eficiente será o comportamento térmico do ambiente.

O posicionamento do ambiente no cômodo subterrâneo também provou exercer grande influência na temperatura interna do porão. Ambientes que estão em contato direto com o solo pelas paredes e piso estão mais propensos a perdas de calor no verão e ganhos de calor no inverno enquanto ambientes que somente trocam calor com o solo pelo piso tendem a minimizar essas trocas de calor.

Em relação ao critério de desempenho térmico estabelecido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013) o ambiente subterrâneo do estudo de caso não está somente de acordo com as exigências mínimas como apresentam, para todas as análises com a taxa de ventilação de 1ren/h, o índice intermediário de conforto térmico no inverno, onde a temperatura interna mínima é maior que a temperatura externa acrescida de 5°C, e no verão, onde a temperatura interna máxima é menor que a temperatura externa deduzida de 2°C.

É importante destacar que os resultados obtidos não podem ser generalizados a qualquer tipo de edificação e a outras tipologias, elas referem-se apenas ao modelo utilizado nesta pesquisa ou modelos similares. Edificações maiores, simuladas numericamente com modelos mais complexos de ventilação natural ou condicionadas mecanicamente, por exemplo, podem apresentar comportamentos diferentes.

Diante dessas considerações ficou evidente que as análises de desempenho térmico, levando-se em conta o contato da edificação com o solo, são especialmente relevantes para as edificações brasileiras, que usualmente não são condicionados artificialmente e não possuem isolamento térmico no piso e nas paredes, estando sujeitas a maiores fluxos de calor através desses elementos. Sendo assim, há a necessidade de mais estudos que abordem o tema, de modo a possibilitar a obtenção de resultados mais próximos da realidade, pois em porões não condicionados, a variação da temperatura interna reflete em créditos e penalidades oriundas do aquecimento e resfriamento ocasionados pelo contato direto com o solo e esses valores influenciam também no desempenho térmico do pavimento superior da edificação.

6.1 Trabalhos Futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, tem-se:

- Executar simulações paramétricas que abordem um número maior de variáveis de entrada e abranjam mais variações de valores para cada uma delas;
- Considerar um perfil de ocupação no dimensionamento da carga térmica;
- Analisar o funcionamento do *Basement* com outras edificações contendo mais pavimentos e com diferentes configurações de fechamento;
- Aprofundar o estudo sobre o grau de sensibilidade dos resultados do *Basement* frente às variáveis de entrada e a correlação existente entre elas;
- Utilizar as propriedades do solo e perfis de temperaturas do solo reais, medidas para o local analisado.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações – 5 Partes. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edifícios habitacionais - Desempenho Parte 4: sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro. 2013b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5:** Edifícios habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro. 2013c.
- ALLEN, L. H.; LEMON E. R. Net Radiation Frequency Distribution in a Corn Crop. **Boundary-Layer Meteorology**, Ithaca, p. 246-254, 1972 apud XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling**. 2014. 406 f. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.
- ANDOLSUN, S. ET AL. ENERGYPLUS VS. DOE-2.1E: The effect of ground-coupling on energy use of a code house with basement in a hot-humid climate. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1663–1675, 2011.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook: Fundamentals**. Atlanta, 1981.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook: Fundamentals**. Atlanta, 1997.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook: Fundamentals**. Atlanta, 2003.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSY/ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2013.

BAHNFLETH, W. P. **Three Dimensional Modeling of Heat Transfer from Slab Floors**. Tese (pós-doutorado) - University of Illinois. Urbana, Illinois, US, 1989.

BAHNFLETH, W. P.; COGIL C.; YUILL G. **Economic Assessment of Basement Insulation for Pennsylvania**. Final Report. University Park, PA: Pennsylvania Housing Research/Resource Center. Pennsylvania, US, 1997.

BAHNFLETH, W. P.; PEDERSEN, C. O. **A Three-dimensional Numerical Study of Slab-on-grade Heat Transfer**. ASHRAE Transactions 96 (2), p. 61-72. St. Louis, MO (United States), 1990.

BARBOSA, M. J. **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares**. 1997, 307p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

BEST, M. J. A Model to Predict Surface Temperature. **Boundary-Layer Meteorology**, Bracknell, v. 88, p. 279–306, 1998 apud HERB, W. R.; JANK, B.; MOHSENI, O.; STEFAN, G. H. Ground Surface Temperature Simulation for Different Land Covers. **Journal of Hydrology**, n. 356, Minneapolis, Minnesota, US, p. 327-343, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2000**. Brasília, DF, 2000. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2016**. Brasília, DF, 2016. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

BRITO, A. C. D.; AKUTSU, M.; TRIBESS, A. Emprego do Programa Computacional Energyplus na Análise de Alternativas de Projeto de Habitação Visando o Conforto Térmico do Usuário. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO

LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 7., Búzios, **Anais...**, 2011.

CHANG, M.J.; CHOW, L.C.; CHANG, W.S. **Improved Alternating Direction Implicit Method for Solving Transient Three-dimensional Heat Diffusion Problems.** *Numerical Heat Transfer*. 19(B): p. 69-84, 1991.

CIBSE GUIDE. **The Chartered Institution of Building Services Engineers.** Londres, v. A, 1986 apud DERU, M. **A model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

CLAESSON, J.; HAGENTOFT, C. Heat Loss to the Ground from a Building – I. General Theory. **Building and Environment**, Lund (Suécia), v. 26, n. 2, p. 195-208, 1991 apud DERU, M. **A model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

CLARKE, J. A. **Energy Simulation in Building Design.** Boston, USA: Adan Hilger Ltd, 1985. 388p.

CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis.** 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

COGIL, C. A. **Modeling of Basement Heat Transfer and Parametric Study of Basement Insulation for Low Energy Housing.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Arquitetura), University Park, PA: The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 1998.

CPTEC. **Banco de dados climatológicos.** Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

DEARDORFF, J. W. Efficient Prediction of Ground Surface Temperature and Moisture, with Inclusion of a Layer of Vegetation. **Journal of Geophysical Research**, v. 83, p. 1889-1903, 1978 apud XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling.** 2014. 406 f. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.

DERU, M. **A Model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

DISSANAYAKE, D.M.K.W.; JAYASINGHE C.; JAYASINGHE M.T.R. A Comparative Embodied Energy Analysis of a House with Recycled Expanded Polystyrene (EPS) Based Foam Concrete Wall Panels. **Energy and Buildings**, Sri Lanka, vol. 135, p. 85-94, 2017.

EERE - DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. **Auxiliary Programs Manual**. USA, 2016a. Disponível em: <<https://energyplus.net/downloads>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

EERE - DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. **Ground Heat Transfer in EnergyPlus**. Documentation, EnergyPlus™ Version 8.6. Version 7. ed. US, 2016.

ENERGY PLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION. **Engineering Reference**. U.S. Department of Energy. 1697f. US, 2016.

ENERGYPLUS VERSION 8.6 DOCUMENTATION. **Getting Started with EnergyPlus**. U.S. Department of Energy. 78f. US, 2016.

FERREIRA, C. C. **Análise de Sensibilidade por meio de Experimento Fatorial de Parâmetros de Desempenho Térmico de Envolórias de Edificações Residenciais: Contribuição à Revisão das Normas Brasileiras**. 2016. 437f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2016.

GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n. 1, p. 11-23.1992.

HAGHIGHAT, F.; LIANG, H. Determination of Transient Heat Conduction through Building Envelopes- a Review. **ASHRAE Transactions** **98(1)**, p. 284-290, 1992.

HENDRICKX, J. M. H.; DAM, R. L. V.; BORCHERS, B.; CURTIS, J.; LENSEN, H. A.; HARMON, R. Worldwide Distribution of Soil Dielectric and Thermal Properties. **Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VIII**, p.

1158-1168, 2003 apud XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling**. 2014. 406 f. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.

HERB, W. R.; JANK, B.; MOHSENI, O.; STEFAN, G. H. Ground Surface Temperature Simulation for Different Land Covers. **Journal of Hydrology**, n. 356, Minneapolis, Minnesota, US, p. 327-343, 2008.

IAC, **Mapa de Solos de São Paulo**, 2016. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/index.html>>. Acesso em: 18 mai. 2016.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. Nova Iorque, ed. 4, 1996 apud CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Genebre, 2006.

KRARTI, M.; CLARIDGE D.; KREIDER J. Interzone Temperature Profile Estimation - below Grade Basement Heat Transfer Results. **American Society of Mechanical Engineers**, Washington D.C., US, n. 41, p. 21-29, 1998.

KRARTI, M.; CLARIDGE, D.; KREIDER, J. Interzone Temperature Profile Estimation -below Grade Basement Heat Transfer Results. **American Society of Mechanical Engineers, Heat Transfer Division (Publication) HTD 41**, p.21-29, 1985.

KRARTI, M.; CLARIDGE, D.; KREIDER, J. Interzone Temperature Profile Estimation - Slab-on-grade Heat Transfer Results. **Heat Transfer in Buildings and Structures. ASME Heat Transfer Division HTD**, vol. 41, n^o 23, p. 21-29, National Heat Transfer Conference, 1985.

KRARTI, M.; CLARIDGE, D.; KREIDER, J. ITPE Thecnique Applications to Time Varying Two-dimensional Ground-coupling Problems. **Internation Journal of Heat and Mass Transfer**, vol. 31, p. 1899-1911, 1998.

KRARTI, M.; LOPEZ-ALONZO, C.; CLARIDGE, D. E.; KREIDER, J. F. Analytical Model to Predict Annual Soil Surface Temperature Variation. **Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME 117(2)**, p. 91-99, 1995.

KRARTI, M; CHUANGCHID, P.; IHM, P. Foundation Heat Transfer Module dor EnergyPlus Program, **Seventh International IBPSA Conference**, Rio de Janeiro, p. 13-15, ago. 2001.

KUSUDA, T. Earth Temperatures Beneath Five Different Surfaces. **NBS 10 373 Washington, D.C.: National Bureau of Standards**, U.S. Department of Commerce, 1971.

KUSUDA, T.; ACHENBACH, P. Earth Temperature and Thermal Diffusivity at Selected Stations in the United States. **ASHRAE Transaction**, v. 71, n. 1, p. 61–75, 1965.

LACHENBRUCH, A. H. Three-Dimensional Heat Conduction in Permafrost Beneath Heated Buildings. **Geological Survey Bulletin**, 1052-B, 1957 apud DERU, M. **A model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY (LBNL). **EnergyPlus Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPLus Input and Output**, 2016.

LEE, E.S. **An Improved Hydronic Loop System Solution Algorithm with a Zone-Coupled Horizontal Ground Heat Exchanger Model for Whole Building Energy**

Simulation. Tese de Doutorado. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2013.

LORENÇON, J. **Avaliação da Influência do Perfil Químico do Solo na Produtividade da Soja através de Mapas de Colheita.** 2014. 61 f. Dissertação (Mestre em Agricultura de Precisão), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

MACEY, H. H. Heat Loss Through a Solid Floor. **Journal of the Institute of Fuel**, v. 22, p. 369-371, 1949 apud DERU, M. **A model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

MASCARÓ, L. R. D. **Luz, Clima e Arquitetura.** São Paulo: Nobel, 1983.

MELO, A. P.; WESTPHAL, F. S.; MATOS, M. **Apostila do Curso Básico do Programa EnergyPlus.** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, set. 2009. <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 25 set. 2016.

MITALAS, G. P. **Calculation of Basement Heat Loss.** ASHRAE Transactions 89 (1B): 420-437, 1983.

MITALAS, G. P. **Calculation of Below-grade Residential Heat Loss: Low-Rise Residential Building.** ASHRAE Transactions. 87(1), p. 743-783, 1987.

MITALAS, G. P.; STEPHENSON, D. G.; Room Thermal Responde Factors. **ASHRAE Transactions**, v. 73, Parte 1, p. II.2.1-II.27, 1967 apud KRARTI, M; CHUANGCHID, P.; IHM, P. Foundation Heat Transfer Module dor EnergyPlus Program, **Seventh International IBPSA Conference**, Rio de Janeiro, p. 13-15, ago. 2001.

MORSELLI, T.B.G.A. **Biologia do Solo.** UFPEL, Pelotas, Rio Grande do Sul, BR, p. 145, 2009.

MUNCEY, R. W. R.; SPENCER, J. W. Heat Flow Into the Ground Under a House. **Energy Conservation in Heating, Cooling, and Ventilating Buildings**, v. 2, 1978 apud DERU, M. **A model for Groud-Coupled Heat and Moisture Transfer from Buildings**, p. 153. Colorado, US, 2003.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Inglaterra, UK: British Library, 1995, Segunda Edição, 460p.

PATANKAR, S. V. **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**, 1980 apud COGIL, C. A. **Modeling of Basement Heat Transfer and Parametric Study of Basement Insulation for Low Energy Housing**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Arquitetura), University Park, PA: The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 1998.

PEREIRA, I. M.; FERREIRA, C. C. Avaliação dos Impactos da ABNT NBR 15575 no Conforto Térmico e no Consumo de Energias nas Novas Edificações Habitacionais Brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., p. 518-527. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014.

RICHMOND, W. R.; BESANT, R. W. A Study of Heat Loss Through Floors. **Proc. of the ASHRAE/DOE/ORNL Conference: Thermal Performance of the Exterior Envelope of Buildings III**, 1985 apud CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

RICHMOND, W.R., BESANT, R.W. **A Study of Heat Loss through Floors**. Proc. of the ASHRAE/DOE/ORNL Conference, Thermal Performance of the Exterior Envelope of Buildings III. Clearwater Beach, Florida, US, 1985.

RORIZ, V. F. **Arquivos Energyplus Weather Data**. 2012. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br/epw_9.html>. Acesso em: 04 abr. 2017.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Um Zoneamento Bioclimático Para a Arquitetura no Brasil. **Jornada Sobre Clima e Aplicação na Comunidade de Países de Língua Oficial Portuguesa**, p. 1-7. Macéio. 2001.

SELLERS, W. D. **Plant Climatology**. University of Chicago Press, Chicago, 1965 apud CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

SELLERS, W. D.; DRYDEN, P. S. **An Investigation of Heat Transfer From Bare Soil**. University of Arizona Press, Tucson, 1967 apud CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

SHIPP, P.H. **Basement, Crawlspace and Slab-on-grade Thermal Performance**. Proc. of the ASHRAE/DOE/BTECC Conference, Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings II, p. 160-179, 1983.

SHIPP, P.H. **The Thermal Characteristics of Large Earth-sheltered Structures**. Tese de Doutorado. University of Minnesota, Minneapolis and Saint Paul, Minnesota, US, 1979.

SHIPP, P.H.; PFENDER, E.; BLIGH, T.P. 1981. **Thermal Characteristics of a Large Earth Sheltered Building (Parts 1 and 2)**. Underground Spaces 6, p. 53-64, 1981.

SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. Incerteza do método de simulação da NBR 15575- 1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da Norma NBR 15575. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Brasília, **Anais...**, 2013.

SPELTZ, J.; MEIXEL G.D. A Computer Simulation of the Thermal Performance of Earth-covered Roofs. **Proceedings of the Underground Space Conference and Exposition**. Kansas City, Missouri, US, p. 91-108, 1981.

SPRINGVALUE. **Sustainable Insularion Values**. Newcastle, 2016. Disponível em: < <http://www.springvale.com/>>. Acesso em 02 dez. 2016.

STALEY, D. O.; JURICA, G. M. Flux Emissivity Tables for Water Vapor, Carbom Dioxine, and Ozone. **Journal Applied Meteorology and Climatology**, v. 9, p. 365-372, 1972 apud HERB, W. R.; JANK, B.; MOHSENI, O.; STEFAN, G. H. Ground

Surface Temperature Simulation for Different Land Covers. **Journal of Hydrology**, n. 356, Minneapolis, Minnesota, US, p. 327-343, 2008.

STERLING, R. L.; GUPTA S.; SHEN L. S.; GOLDBERG, L.F. Assessment of Soil Thermal Conductivity for Use in Building Design and Analysis. **ASHRAE SURVEY 701-RP: Underground Space Center**, Minnesota, 1993 apud CLEMENTS, E. D. **Three Dimensional Foundation Heat Transfer Modules for Whole-Building Energy Analysis**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – The Pennsylvania State University. Pennsylvania, US, 2004.

THOMSON, W. On the Reduction of Observations of Underground Temperature, with applications to Professor Forbes' Edinburgh Observations and the continued Calton Hill Series. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, v. 4, p. 342-346, 1862 apud XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling**. 2014. 406 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.

THUNHOLM, B. A Comparison of Measured and Simulated Soil Temperature Using Air Temperature and Soil Surface Energy Balance as Boundary Conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 53, p. 59-72, 1990 apud XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling**. 2014. 406 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.

WALLAUER, M. D. **Utilização do Programa *EnergyPlus* para a Simulação do Conforto Térmico em Edificações Populares em Quatro Capitais Brasileiras**. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

WALTON, G. N. **Estimating 3-D Heat Loss from Rectangular Basements and Slabs using 2-D Calculations**. ASHRAE Transaction 93 (1), p. 791-797, 1987.

WANG, F.S. Mathematical Modeling and Computer Simulation of Insulation Systems in Below-grade Applications. Thermal Performance of the Exterior Envelope of Buildings III, **Proceedings of the ASHRAE/DOE/BTECC Conference**, Clearwater Beach, Florida, US, p. 456-471, 1979.

XING, L. U. **Estimations of Undisturbed Ground Temperatures using Numerical and Analytical Modeling**. 2014. 406 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2014.

XING, L.; CULLIN, J. R.; SPITLER, J. D.; IM, P.; FISHER, D. E. Foundation Heat Exchangers for Residential Ground Source Heat Pump Systems: “Numerical Modeling and Experimental Validation”. **HVAC&R Research**, v. 17(6), p. 1059-1074, 2011, apud LEE, E.S. **An Improved Hydronic Loop System Solution Algorithm with a Zone-Coupled Horizontal Ground Heat Exchanger Model for Whole Building Energy Simulation**. Tese de Doutorado. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, US, 2013.

YARD, D.C.; MORTON-GIBSON, M.; MITCHELL, J. W. **Simplified Dimensionless Relations for Heat Loss from Basements**. ASHRAE Transactions 90 (1B), p. 633-643, 1984.

APÊNDICE A

MANUAL DE DADOS DE ENTRADA NECESSÁRIOS PARA CONSIDERAR A INFLUÊNCIA DO CONTATO COM O SOLO EM SIMULAÇÕES DE EDIFICAÇÕES CONTENDO AMBIENTES SUBTERRÂNEOS

Nos trabalhos pesquisados na revisão bibliográfica, não constam o detalhamento dos parâmetros para as simulações de cômodos subterrâneos, fato que dificulta o entendimento dos aspectos a serem considerados pelo pesquisador. Deste modo, apresentam-se neste Apêndice, os parâmetros considerados mais importantes durante o processo de inserção de dados, com o objetivo de servir de base para estudos futuros.

As edificações com cômodos em contato com o solo, no programa *EnergyPlus*, podem ser simuladas de diferentes maneiras: inserindo as temperaturas médias mensais do solo no objeto *GroundTemperature:BuildingSurface*; por meio do objeto *Ground Domain*; ou ainda utilizando o objeto *Detailed Ground Heat Transfer* que engloba dois pré-processadores: *Slab* e *Basement*. O *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a) e o *Input/Output Manual* (LBNL, 2016) apresentam instruções básicas de uso do programa e a descrição de suas variáveis de entrada e de saída.

As zonas pertencentes ao porão devem ser modeladas assim como as zonas dos demais pavimentos da edificação, de forma que as superfícies das paredes do porão e do piso sejam criados normalmente usando o *BuildingSurface:detailedobjects* com a cota z sendo igual a zero na superfície do solo (as cotas das paredes e pisos do porão possuirão valores negativos). A ventilação das zonas subterrâneas também segue os mesmos critérios das demais zonas, com exceção do fato que as zonas do porão não podem possuir portas nem janelas. Para solucionar esse problema, a profundidade das paredes que estão em contato com o solo devem ser modeladas no *BuildingSurface:detailedobjects* separadamente, de modo que, se uma parede do porão possui uma porção vertical em contato com o solo e a outra acima do nível do solo, deverão ser modeladas duas paredes (Figura A.1) no *EnergyPlus*.

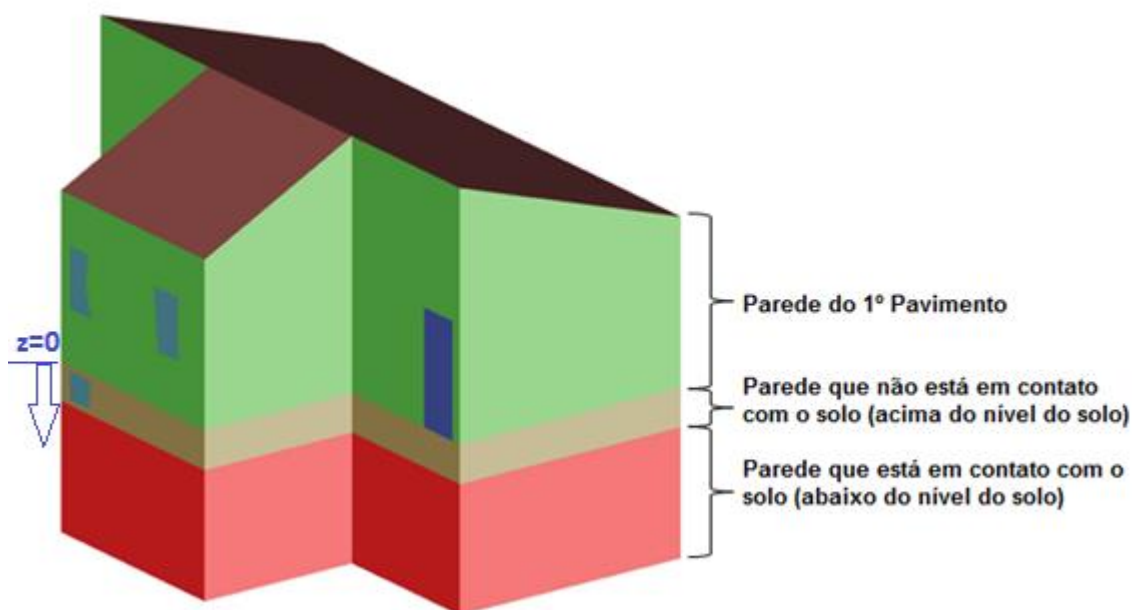


Figura A.1: Modelagem das paredes do porão no E+
 Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.1 GROUNDTEMPERATURE:BUILDINGSURFACE

Método que consiste simplesmente em informar a temperatura média mensal da superfície para todas as superfícies que tenham como condição de contorno a superfície externa em contato com o solo. No entanto, apenas a utilização desses dados não fornece resultados satisfatórios na análise de perdas de calor envolvendo o solo, principalmente em edifícios pequenos, pois neste caso é informada apenas uma temperatura obtida pelo arquivo climático do local para representar todo o cômodo subterrâneo.

A.2 GROUND DOMAIN

Neste tópico são detalhados especificamente os parâmetros e os procedimentos necessários para simular a transferência de calor de superfícies em contato com o solo por meio do objeto *Ground Domain*. Este objeto é capaz de lidar com diferentes configurações de isolamento térmico a partir de um modelo de diferenças finitas implícito capaz de obter as temperaturas do solo ao longo do ano. O resultado da simulação pode ser obtido para diferentes valores de passos de tempo.

Superfícies horizontais múltiplas (lajes ou porões pertencentes a diferentes zonas térmicas) podem ser acopladas em um mesmo domínio do solo. O domínio utilizado

consiste no conjunto dos elementos que são considerados na simulação das superfícies que estão em contato com o solo. São utilizadas iterações para alcançar a convergência das temperaturas no domínio solicitado. O modelo abordado neste objeto determina uma superfície de área superficial equivalente para todo o domínio simulado. Esta superfície interage com o solo, fornecendo temperaturas atualizadas para o objeto *OtherSideConditionsModel* que são utilizadas nos cálculos de balanço de calor da superfície.

Para realizar a simulação utilizando a sub-rotina *Ground Domain* é necessário preencher os campos:

A.2.1 GroundTemperature:Undisturbed

Para calcular a transferência de calor de superfícies horizontais da edificação em contato com o solo, o *EnergyPlus* adota 3 modelos de temperaturas não perturbadas do solo. Os modelos de temperaturas não perturbadas do solo são:

- *FiniteDifference*: este objeto utiliza um modelo de diferenças finitas para obter a transferência de calor. Um arquivo climático também é utilizado para obter as condições de contorno da superfície. Inicialmente, é executada a simulação anual do modelo, até que o perfil de temperatura anual do solo alcance um comportamento periódico constante. Uma vez que o comportamento de equilíbrio é atingido, as temperaturas do solo são armazenadas para serem utilizadas durante o restante da simulação.
- *KusudaAchenbach*: este objeto fornece as temperaturas do solo não perturbado com base na correlação desenvolvida por Kusuda e Achenbach (1965). Esse método utiliza três parâmetros para obter a temperatura do solo na superfície e, desse modo, o método é capaz de definir uma correlação para as temperaturas não perturbadas do solo em função da profundidade e do tempo.
- *Xing*: fornece uma temperatura não perturbada do solo baseada na correlação desenvolvida por Xing (2014). A correlação é composta por cinco parâmetros e um modelo de dois harmônicos.

A.2.1.1 GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference

GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference (Figura A.2) pode ser usado por todos os objetos que requerem temperaturas não perturbadas do solo. O objeto adota um modelo de transferência de calor em diferenças finitas unidimensional que utiliza o arquivo de tempo para obter as condições de contorno da superfície. Uma simulação anual é executada no modelo durante a sua inicialização até que o perfil de temperatura anual do solo atinja um comportamento periódico estável. Uma vez que o comportamento periódico estável é atingido, as temperaturas do solo são armazenadas para a sua utilização durante o restante da simulação. Todos os parâmetros que devem ser preenchidos neste objeto são especificados a seguir:

- *Soil Thermal Conductivity*: condutividade térmica do solo (W/mK);
- *Soil Density*: densidade do solo (kg/m^3);
- *Soil Specific Heat*: calor específico do solo seco (J/kgK);
- *Soil Moisture Content Volume Fraction*: corresponde a um valor nominal do teor de umidade do solo a ser usado na avaliação das propriedades térmicas do solo;
- *Soil Moisture Content Volume Fraction at Saturation*: corresponde a um valor nominal da umidade do solo quando o solo é saturado. Este parâmetro é essencial na avaliação das propriedades térmicas do solo congelado;
- *Evapotranspiration Ground Cover Parameter*: este campo numérico especifica os efeitos da cobertura do solo usados no modelo de evapotranspiração para o cálculo do balanço térmico da superfície do solo. Os valores variam de 0 (superfície sólida, não permeável à terra) a 1,5 (crescimento selvagem de vegetação).

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Comments from IDF' pane on the right. The 'Class List' contains various object classes, with 'Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference' selected. The 'Comments from IDF' pane displays the object description and field description for the selected object. Below the comments is a table with three columns: 'Field', 'Units', and 'Obj1'.

Field	Units	Obj1
Name		FiniteDifference
Soil Thermal Conductivity	W/m-K	0,915
Soil Density	kg/m3	1800
Soil Specific Heat	J/kg-K	1220
Soil Moisture Content Volume Fraction	percent	30
Soil Moisture Content Volume Fraction at Saturation	percent	50
Evapotranspiration Ground Cover Parameter	dimensionless	0,5

Figura A.2: GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference

Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.2.1.2 Site:GroundTemperature:Undisturbed:KusduaAchenbach

GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach (Figura A.3) pode ser usado por todos os objetos que requerem temperaturas não perturbadas do solo. Ele fornece uma temperatura não perturbada do solo com base nas pesquisas desenvolvidas por Kusuda e Achenbach (1965). Esse método utiliza três parâmetros para obter a temperatura do solo na superfície e, desse modo, o método é capaz de definir uma correlação para as temperaturas não perturbadas do solo em função da profundidade e do tempo.

O método depende de variáveis como a temperatura do solo para uma dada profundidade, a temperatura média do solo, a amplitude (diferença média entre a temperatura máxima do solo e a temperatura mínima do solo) e o desvio de fase. Se os parâmetros forem deixados em branco, eles podem ser calculados automaticamente, incluindo as temperaturas da superfície do solo na entrada de dados do objeto *GroundTemperature:Shallow*. Esses parâmetros também podem ser calculados usando o pré-processador *CalcSoilSurfTemp*.

Todos os parâmetros que devem ser preenchidos neste objeto são especificados a seguir.

- *Soil Thermal Conductivity*: condutividade térmica do solo (W/mK);
- *Soil Density*: densidade do solo (kg/m³);

- *Soil Specific Heat*: calor específico do solo seco (J/kgK);
- *Average Annual Ground Surface Temperature*: é a temperatura média da superfície do solo durante todo o ano (°C);
- *Average Amplitude of Annual Ground Surface Temperature*: corresponde a amplitude média da temperatura da superfície do solo (°C);
- *Phase Shift of Minimum Surface Temperature*: é o dia do ano que tem a menor temperatura da superfície do solo.

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Comments from IDF' pane on the right. The 'Class List' contains various object classes, with 'Site:GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach' selected. The 'Comments from IDF' pane displays an 'Explanation of Object and Current Field' and a 'Field Description' for ID: A1. Below the interface is a table with three columns: 'Field', 'Units', and 'Obj1'.

Field	Units	Obj1
Name		KATemps
Soil Thermal Conductivity	W/m-K	0,915
Soil Density	kg/m3	1800
Soil Specific Heat	J/kg-K	1220
Average Soil Surface Temperature	C	
Average Amplitude of Surface Temperature	deltaC	
Phase Shift of Minimum Surface Temperature	days	

Figura A.3: GroundTemperature:Undisturbed:KusudaAchenbach

Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.2.1.3 Site:GroundTemperature:Undisturbed:Xing

GroundTemperature:Undisturbed:Xing (Figura A.4) pode ser usado por todos os objetos que requerem temperaturas não perturbadas do solo. Ele fornece uma temperatura não perturbada do solo com base na correlação desenvolvida por Xing (2014). A correlação é um modelo de cinco parâmetros, sendo dois harmônicos baseados no trabalho de Lord Kelvin (THOMSON, 1862 apud Xing, 2014). Deve ser fornecida a temperatura média da superfície do solo e dois conjuntos de amplitude de temperatura superficial e deslocamento de fase. Os parâmetros que devem ser utilizados no objeto podem ser encontrados em Xing (2014) para mais de 4000 locais internacionais.

Todos os parâmetros que devem ser preenchidos neste objeto são especificados a seguir.

- *Soil Thermal Conductivity*: condutividade térmica do solo (W/mK);
- *Soil Density*: densidade do solo (kg/m³);
- *Soil Specific Heat*: calor específico do solo seco (J/kgK);
- *Average Soil Surface Temperature*: é a temperatura média da superfície do solo (°C);
- *Soil Surface Temperature Amplitude 1*: primeiro parâmetro de amplitude da temperatura da superfície do solo (°C);
- *Soil Surface Temperature Amplitude 2*: segundo parâmetro de amplitude da temperatura da superfície do solo (°C);
- *Phase Shift of Surface Temperature Amplitude 1*: primeiro desvio de fase da amplitude da temperatura da superfície (dia);
- *Phase Shift of Surface Temperature Amplitude 2*: segundo desvio de fase da amplitude da temperatura da superfície (dia);

The screenshot shows a software interface with a 'Class List' on the left and a 'Comments from IDF' pane on the right. The 'Class List' contains various object classes, with 'Site:GroundTemperature:Undisturbed:Xing' selected. The 'Comments from IDF' pane shows the object description and field description for the selected object. Below the interface is a table with the following data:

Field	Units	Obj1
Name		Xing
Soil Thermal Conductivity	W/m-K	0,915
Soil Density	kg/m ³	1800
Soil Specific Heat	J/kg-K	1220
Average Soil Surface Temperature	C	21,1
Soil Surface Temperature Amplitude 1	deltaC	-3,3
Soil Surface Temperature Amplitude 2	deltaC	0,8
Phase Shift of Temperature Amplitude 1	days	19
Phase Shift of Temperature Amplitude 2	days	-8

Figura A.4: GroundTemperature:Undisturbed:Xing

Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.2.2 Site:GroundDomain:Basement

Este objeto é responsável por simular, no *EnergyPlus*, a transferência de calor acoplada ao solo com edificações contendo zonas subterrâneas. As superfícies dessas zonas subterrâneas no *EnergyPlus* interagem com o objeto *GroundDomain:Basement* utilizando o objeto *SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel* (OSCM). Dois OSCM são necessários, individualmente, para simular as superfícies verticais e horizontais do porão. As

superfícies de paredes verticais irão interagir com a primeira OSCM (superfície horizontal), enquanto a superfície de piso horizontal interagirá com a segunda OSCM (superfície vertical). As superfícies do piso e das paredes do porão são construídas normalmente, assim como para os outras paredes e pisos da edificação, usando o objeto *BuildingSurface:Detailed*, com a condição de contorno externa sendo a condição *OtherSideConditionsModel* para o piso ou parede do porão. A superfície externa da parede é a interface entre o domínio do solo e a zona simulada no *EnergyPlus*. O isolamento horizontal e vertical do solo é simulado pelo objeto *GroundDomain* e, portanto, não devem ser incluídos nos objetos das paredes e pisos da construção. O material de isolamento deve ser especificado no objeto *Material*.

Todos os parâmetros que devem ser preenchidos neste objeto são especificados a seguir e são exemplificados na Figura A.5.

- *Name*: campo usado como um identificador exclusivo para cada domínio do porão. Múltiplos domínios de porões podem ser simulados simultaneamente, no entanto, cada domínio deve ter um nome exclusivo. Além disso, apesar da capacidade de simular múltiplos domínios simultaneamente, estes domínios não interagem uns com os outros e são tratados como domínios independentes com as condições de contorno dadas pelos demais parâmetros listados neste item;
- *Ground Domain Depth*: campo numérico utilizado para determinar a profundidade do domínio de simulação, em metros. Um valor de 10 metros é o padrão. O valor adotado na presente pesquisa é o valor de 4 vezes a profundidade do porão;
- *Aspect Ratio*: campo numérico, que é a razão entre o comprimento do porão e a largura, usado para determinar a relação de aspecto do porão. Este campo, juntamente com a área total do piso do porão, que é tomado como a combinação de todas as superfícies ligadas ao piso *OtherSideConditionsModel*, são usados para determinar o tamanho e a forma do domínio do porão. Os índices de aspecto e o inverso das relações de aspecto devem produzir resultados idênticos;
- *Domain Perimeter Offset*: campo numérico utilizado para determinar a distância do perímetro do porão ao perímetro do domínio que será considerado, em metros. Um valor de 5 é padrão;

- *Soil Thermal Conductivity*: condutividade térmica do solo (W/mK);
- *Soil Density*: densidade do solo (kg/m^3);
- *Soil Specific Heat*: calor específico do solo seco (J/kgK);
- *Soil Moisture Content Volume Fraction*: corresponde ao valor nominal do teor de umidade do solo a ser usado na avaliação das propriedades térmicas do solo;
- *Soil Moisture Content Volume Fraction at Saturation*: valor nominal de umidade do solo quando o solo é saturado. Este parâmetro é usado na avaliação das propriedades térmicas do solo congelado;
- *Type of Undisturbed Ground Temperature Object*: é o tipo de objeto de temperatura do solo não perturbado que é usado para determinar a temperatura do solo: *FiniteDifference*, *KusudaAchenbach* ou *Xing*;
- *Name of Undisturbed Ground Temperature Object*: é o nome do objeto de temperatura do solo não perturbado que é usado para determinar a temperatura do solo para o tipo de objeto selecionado no parâmetro *Type of Undisturbed Ground Temperature Object*;
- *Evapotranspiration Ground Cover Parameter*: campo numérico que especifica os efeitos da cobertura do solo usados no modelo de evapotranspiração no balanço térmico da superfície do solo. Os valores variam de 0 (sólido, superfície do solo não impermeável) a 1,5 (crescimento de vegetação selvagem). O modelo pode ser sensível a variações neste parâmetro, especialmente em climas secos;
- *Basement Floor Boundary Condition Model Name*: nome do outro modelo de condição de contorno lateral usado para a superfície do piso do porão;
- *Horizontal Insulation*: campo que indica se existe isolamento horizontal. As opções incluem "SIM" e "NÃO";
- *Horizontal Insulation Name*: nome do material que representa o isolamento subterrâneo horizontal do porão. Esse parâmetro é opcional e é somente exigido se houver isolamento horizontal;
- *Horizontal Insulation Extents*: campo que indica se o isolamento horizontal sob o piso se estende para cobrir toda a área horizontal do assoalho do porão ou apenas cobre o perímetro do chão do porão. Campo opcional somente exigido se houver isolamento horizontal. As opções incluem "FULL" e "PERIMETER";
- *Perimeter Insulation Width*: campo numérico que indica a largura do isolamento do perímetro medido a partir da borda do piso do porão. Faixa válida de 0 até a metade da menor largura do piso do porão;

- *Basement Depth*: profundidade da superfície do piso do subsolo referenciada a partir da superfície do solo, em metros. Este domínio deve ser à distância da superfície do solo até a superfície do piso do porão. Nos casos em que a superfície do solo está abaixo do nível principal do edifício acima do solo, deve ser utilizada separadamente uma superfície de parede entre as paredes do porão e as paredes do nível térreo;
- *Basement Wall Boundary Condition Model Name*: nome do outro modelo de condição de contorno lateral usado para as paredes do porão;
- *Vertical Insulation*: campo que indica se existe isolamento vertical. As opções incluem "SIM" e "NÃO";
- *Vertical Insulation Name*: nome do material que representa o isolamento da laje vertical. Esse parâmetro é opcional e somente é exigido se houver isolamento vertical;
- *Vertical Insulation Depth*: campo numérico que indica a profundidade, medida em metros, da superfície do solo à qual se estende o isolamento do perímetro vertical. Alcance válido de 0 até a profundidade do porão;
- *Simulation Timestep*: campo que indica se o domínio atualizará as temperaturas em cada zona a cada passo de tempo, ou em intervalos horários. As opções incluem "time step" e "hourly";
- *Mesh Density Parameter*: campo que indica a densidade das células do modelo de diferenças finitas entre o porão e os limites de campo distante. O valor padrão é 4. O número total de células do domínio do solo, células de isolamento e células da superfície do solo são indicadas como saídas para o arquivo .eio.

Field	Units	Obj1
Name		Basement
Ground Domain Depth	m	10,8
Aspect Ratio		1,428
Perimeter Offset	m	5
Soil Thermal Conductivity	W/m-K	1,58
Soil Density	kg/m3	2000
Soil Specific Heat	J/kg-K	1550
Soil Moisture Content Volume Fraction	percent	25
Soil Moisture Content Volume Fraction at Saturation	percent	25
Undisturbed Ground Temperature Model Type		Site:GroundTemper.
Undisturbed Ground Temperature Model Name		Xing
Evapotranspiration Ground Cover Parameter		0,5
Basement Floor Boundary Condition Model Name		BasementFloorDSCI
Horizontal Insulation		Yes
Horizontal Insulation Material Name		Poliestireno
Horizontal Insulation Extents		Perimeter
Perimeter Horizontal Insulation Width	m	0,1
Basement Wall Depth	m	2,3
Basement Wall Boundary Condition Model Name		BasementWallDSCI
Vertical Insulation		Yes
Basement Wall Vertical Insulation Material Name		Poliestireno
Vertical Insulation Depth	m	2,3
Simulation Timestep		timestep

Figura A. 5: GroundDomain:Basement
Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.2.2.1 Site:GroundDomain:BasementOutputs

Os dados gerados pelo programa para a simulação do *Ground Domain* são apresentados a seguir:

- *Wall Interface Heat Flux (W/m^2)*: corresponde ao valor do fluxo de calor fornecido ao domínio do solo como uma condição de contorno para as paredes do cômodo subterrâneo. Deve ser igual ao fluxo de calor externo das paredes do porão;
- *Wall Interface Temperature ($^{\circ}C$)*: é o valor da temperatura da superfície no objeto *SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel*. Esta é a temperatura fornecida às superfícies da parede do porão como uma condição de contorno externa;
- *Floor Interface Heat Flux (W/m^2)*: é o valor do fluxo de calor fornecido ao domínio do solo como uma condição de contorno para o piso do porão. Deve ser igual ao fluxo de calor externo do piso do porão;
- *Floor Interface Temperature ($^{\circ}C$)*: é o valor da temperatura da superfície no objeto *SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel*. Esta é a temperatura fornecida às superfícies do piso do porão acopladas ao solo como uma condição de contorno externa.

A.2.3 SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel

Ao fazer referência ao *OtherSideConditionModel* nas instruções para o objeto *Basement* (isto é, como condição de contorno externa), as condições de contorno para o plano exterior da parede e piso do porão podem ser ligadas ao modelo apropriado para vários componentes de múltiplas camadas de materiais (MELO; WESTPHAL; MATOS, 2009).

- *Name*: é a sequência de caracteres referenciada no objeto *Surface* que está usando *OtherSideModel* como o ambiente externo. Nesta pesquisa o material de isolamento foi utilizado no *OtherSideConditionModel* para as paredes e piso do porão, conforme apresentado na Figura A.6;
- *Type of Modeling*: é utilizado para identificar o tipo de modelo que será usado para determinar as condições de contorno. As únicas opções disponíveis são "GapConvectionRadiation" (fornece condições de contorno por convecção e radiação térmica linearizada por meio de um espaço ou cavidade do externa a superfície da edificação que são modeladas separadamente) ou "UndergroundPipingSystemSurface" (fornece condições de contorno para edificações levando-se em conta o fluxo de calor ocasionados pela presença de tubulações nos objetos pertencentes ao *GroundDomain*).

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		BasementWallOSCM	BasementFloorOSCM
Type of Modeling		UndergroundPipingSystemSurface	UndergroundPipingSystemSurface

Figura A.6: OtherSideConditionsModel

Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.2.3.1 SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel Outputs

A utilização do objeto *OtherSideConditionModel* permite que o programa gere os seguintes dados de saída como resultado:

- *Surface Other Side Conditions Modeled Convection Air Temperature (°C)*: fornece a temperatura do ar exposta ao outro lado da superfície e é usada em cálculos de transferência de calor por convecção;
- *Surface Other Side Conditions Modeled Convection Heat Transfer Coefficient (W/m²K)*: representa o coeficiente de transferência de calor de convecção da superfície aplicado ao outro lado da superfície;
- *Surface Other Side Conditions Modeled Radiation Temperature (°C)*: representa a temperatura efetiva exposta ao outro lado da superfície para cálculos de transferência de calor de radiação térmica;
- *Surface Other Side Conditions Modeled Radiation Heat Transfer Coefficient (W/m²K)*: é o coeficiente de transferência de calor de radiação (linearizado) efetivo aplicado ao outro lado da superfície.

A.3 DETAILED GROUND HEAT TRANSFER

Segundo o manual *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a) toda análise no *EnergyPlus* de superfícies que estão em contato com o solo, em que uma maior precisão é requerida, é importante especificar apropriadamente as temperaturas do solo. Desse modo, não deve ser utilizado as temperaturas "não perturbadas" do solo geradas a partir dos dados meteorológicos fornecidos pelos arquivos climáticos. Ainda segundo o manual *Auxiliary Programs Manual* (EERE, 2016a) estes valores fornecidos pelos objetos abordados no tópico 1 e 2 desse manual são demasiadamente extremos para o solo sob um edifício condicionado. Para obter melhores resultados é importante utilizar os pré-processadores *Slab* ou *Basement*. O pré-processador *Basement*, descrito nesta seção, é utilizado para calcular as temperaturas médias mensais de solo de forma personalizada. Este procedimento de simulação é especialmente importante para aplicações residenciais e em edifícios muito pequenos.

A.3.1 Usando a Temperatura do Solo no Basement

A rotina *Basement* é usada para calcular as temperaturas da face (superfície) externa da parede do porão ou no assoalho da laje, sendo este o plano de separação entre o isolamento exterior e a parede e piso do porão (ver Figura A.7). A resistência térmica do isolamento pode variar de zero (sem isolamento) a qualquer

valor razoável. O programa irá simular duas condições: isolamento total da linha da grade até a base ou a metade do isolamento que se estende da metade da grade até a base. A temperatura neste plano é usada com o objeto *OtherSideCoefficients* para fornecer a temperatura da face externa das paredes ou da laje.

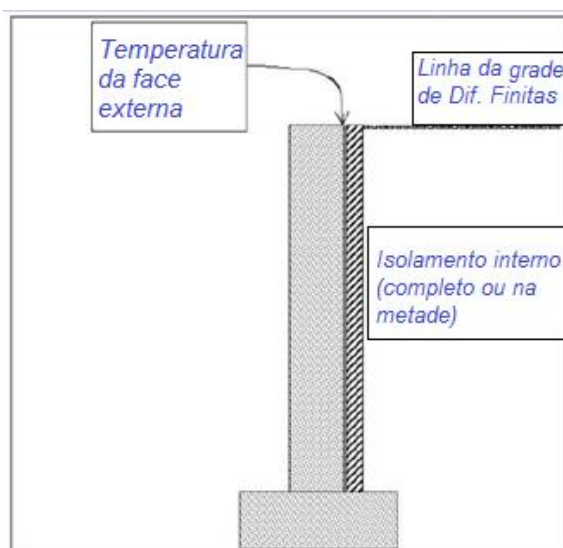


Figura A.7: Configuração da temperatura do *Basement*
Fonte: *ENERGYPLUS DOCUMENTATION*, 2016

Os dados de saída do programa *Basement* é um arquivo chamado *MonthlyResults.csv*, conforme mostrado na Figura A.8:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Month	ZoneTemp	MonthlyT SurfWall[C]	MonthlyT SWallIn[C]	MonthlyT SurfFloor [C]	MonthlyT SFloorIn[C]	MonthlyT SurfWall Upper[C]	MonthlyT SurfWall UpperIn[C]	MonthlyT SurfWall Lower[C]	MonthlyT SurfWall LowerIn[C]	MonthlyF loorHeat Flux[W/ m**2]	Monthly WallHeat Flux[W/ m**2]	Monthly UpperWa llFlux[W/ m**2]	MonthlyL owerWal lFlux[W/ m**2]
1	24,04	23,82	23,93	23,47	23,61	24,31	24,18	23,29	23,65	2,61	0,94	-1,13	3,2
2	24,04	23,8	23,92	23,52	23,65	24,21	24,13	23,36	23,69	2,37	1,01	-0,73	2,9
3	24,04	23,83	23,93	23,55	23,68	24,23	24,14	23,39	23,71	2,21	0,89	-0,82	2,75
4	15,92	17,34	16,65	17,06	16,67	17,52	16,74	17,13	16,54	-6,93	-6,04	-6,83	-5,17
5	15,92	16,58	16,26	16,33	16,19	16,75	16,35	16,39	16,16	-2,51	-2,79	-3,53	-1,98
6	15,92	16,4	16,17	16,21	16,11	16,56	16,25	16,23	16,08	-1,75	-2,06	-2,74	-1,31
7	15,92	16,34	16,14	16,14	16,07	16,52	16,23	16,14	16,03	-1,36	-1,79	-2,57	-0,93
8	15,92	16,33	16,13	16,1	16,04	16,56	16,25	16,08	16	-1,1	-1,75	-2,73	-0,68
9	15,92	16,4	16,16	16,07	16,02	16,72	16,33	16,04	15,98	-0,93	-2,02	-3,4	-0,53
10	24,04	22,84	23,42	22,35	22,79	23,33	23,67	22,3	23,15	7,68	5,12	3,03	7,39
11	24,04	23,51	23,77	23,23	23,44	23,94	23,99	23,05	23,53	3,7	2,24	0,43	4,2
12	24,04	23,72	23,88	23,39	23,56	24,2	24,12	23,2	23,61	2,97	1,35	-0,7	3,58

Figura A.8: Dados de Saída do *Basement*
Fonte: Dados da pesquisa da autora

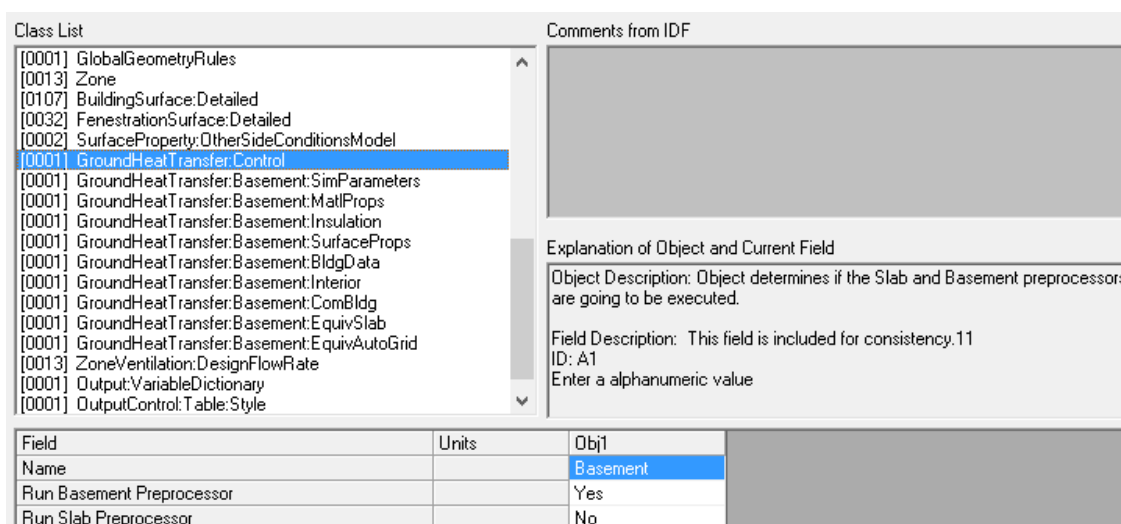
Na Figura A.8 a coluna B fornece a temperatura da zona do porão. A coluna C é a média mensal da temperatura da face externa da parede. A coluna D é a média mensal da temperatura da face interna da parede. As colunas E e F contêm as mesmas informações para a laje do porão. As colunas G-J contêm as mesmas informações para a metade superior e para a metade inferior das paredes do porão.

As colunas K a N contêm o fluxo médio mensal de calor no solo, nas paredes, na metade superior das paredes e na metade inferior das paredes. O fluxo é fornecido em unidades de W/m^2 e as temperaturas em $^{\circ}C$.

O programa também produz um arquivo de saída chamado *EPObjects.txt*. Este arquivo contém os objetos idf necessários para facilitar a inclusão das temperaturas externas da superfície da parede em um arquivo de entrada de dados do *EnergyPlus*. No idf, estão incluídos os objetos para todas as temperaturas presentes no arquivo de saída mostrado na Figura A.8.

A.3.2 Rodando o programa Basement

O EP-Launch pode ser usado para executar o programa *Basement*. Se os objetos do *Basement* estiverem localizados no arquivo de entrada idf do *EnergyPlus*, podem ser usados os separadores *Single Input File* e *Group of Input File* do EP-Launch e o pré-processador do *Basement* será automaticamente chamado durante o processo de simulação. Neste caso, os objetos *Basement* devem aparecer com o nome do objeto começando com "GroundHeatTransfer:Basement:" Esta opção também requer um objeto GroundHeatTransfer:Control no arquivo idf do *EnergyPlus*, como mostrado na Figura A.9. Neste caso, uma única simulação é realizada e os resultados gerados são os resultados solicitados pelo usuário do programa como *outputs*.



The screenshot shows the EP-Launch interface. On the left, the 'Class List' contains various object classes, with 'GroundHeatTransfer:Control' selected. On the right, the 'Comments from IDF' section displays the following text:

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Object determines if the Slab and Basement preprocessors are going to be executed.

Field Description: This field is included for consistency.11
ID: A1
Enter a alphanumeric value

At the bottom, a table shows the field settings:

Field	Units	Obj1
Name		Basement
Run Basement Preprocessor		Yes
Run Slab Preprocessor		No

Figura A.9: Dados de Saída do Basement

Fonte: Dados da pesquisa da autora

Se os objetos *Basement* estiverem localizados em um arquivo separado, eles devem ser executados usando a opção *Basement* na guia *Utilities* no EP-Launch, conforme

apresentado na Figura A.10. Quando o *Edit - IDF Editor* é selecionado os mesmos parâmetros *GroundHeatTransfer* da Figura A.9 são apresentados. Logo em seguida basta selecionar a opção *Run Basement* e a simulação prévia irá iniciar. Neste caso, o usuário deve realizar uma simulação primária, e com os resultados fornecidos pelo pré-processador, o o usuário deve inserí-los na simulação do restante da edificação.

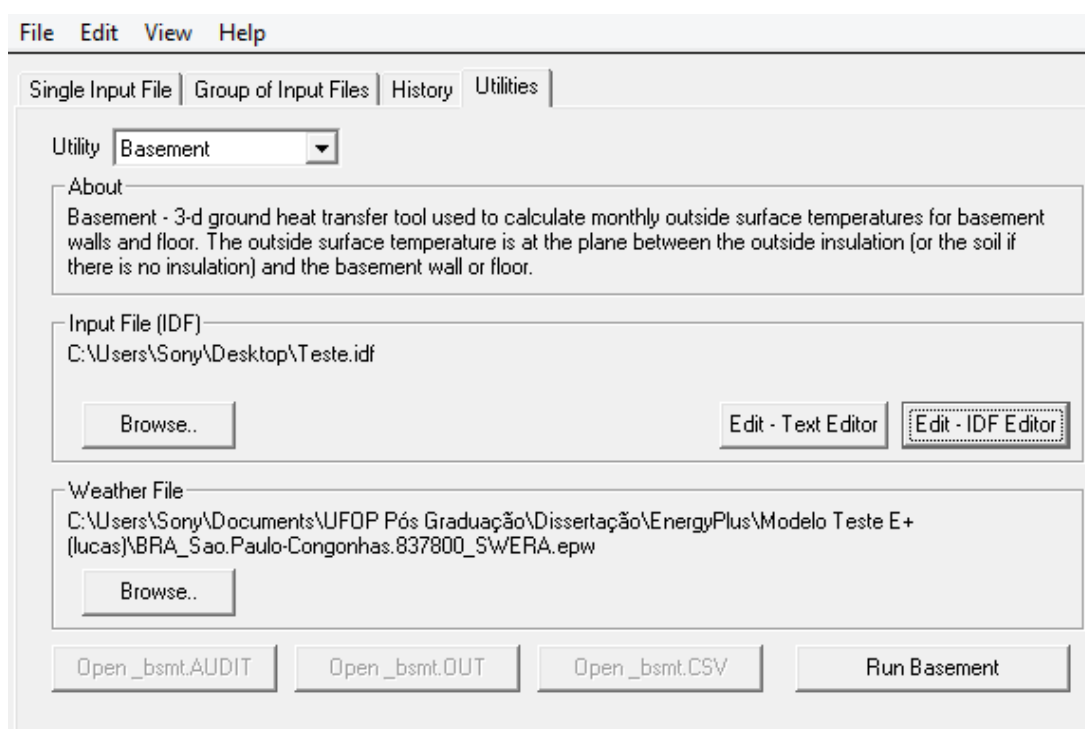


Figura A.10: Dados de entrada pelo pré-processador *Basement*
Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.3.2.1 Arquivos de saída do *Basement*

Os seguintes arquivos de saída são criados pelo programa *Basement*, caso o usuário tenha optado por rodar o pré-processador separadamente, e salvos no caminho do arquivo de saída especificado no arquivo *RunBasement*:

- * .audit - Arquivo de auditoria. Os erros de entrada são relatados aqui, bem como outras informações sobre o progresso do programa.
- * .out - Resumo das entradas, dados de localização e coordenadas da grade.
- * .csv - Temperaturas e fluxos mensais para cada superfície.
- * .idf - o arquivo *EPObjects.txt* está pronto para ser incluído em um arquivo de entrada *EnergyPlus* (idf) para completar o restante da simulação da edificação analisada.

A.3.3 Preenchimento dos dados de entrada do Detailed Ground Heat Transfer

Para optar pelo pré-processador Slab ou *Basement* é necessário especificar no objeto *GroundHeatTransfer:Control* a opção desejada (Figura A.9). Os objetos e campos do *Basement* idd aparecem no *IDF Editor* com o prefixo "*GroundHeatTransfer:Basement*".

- *GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters Object*

Apresenta-se, a seguir, os parâmetros a serem preenchidos nesse campo. Na Figura A.11 ilustra-se a forma como estes parâmetros foram preenchidos nessa pesquisa.

F:Multiplier for the ADI solution: este campo especifica um multiplicador do esquema de iteração de sentido alternado. Normalmente, deve ser definido como 0,1. Pode ser aumentada se a condutividade térmica do solo for alta;

IYRS: Maximum number of yearly iterations: especifica o número máximo de anos que a simulação será permitida para execução. Se a convergência for alcançada, a simulação não será executada por todo o tempo informado. Caso seja necessário, este parâmetro pode ser usado para parar a simulação antes que o estado de convergência quase estável seja alcançado.

The screenshot shows the IDF Editor interface. On the left, the 'Class List' pane displays a hierarchy of classes, with 'GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters' selected. On the right, the 'Comments from IDF' pane shows the 'Explanation of Object and Current Field' for the selected object. Below this, a table displays the input data for the object.

Field	Units	Obj1
F: Multiplier for the ADI solution		0.1
IYRS: Maximum number of yearly iterations:		15

Figura A.11: Dados de entrada do *SimParameters Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:MatlProps Object*

Novamente, os parâmetros a serem preenchidos nesse campo são apresentados a seguir. Na Figura A.12 ilustra-se a forma como estes parâmetros foram preenchidos nessa pesquisa. Todas as densidades dos materiais devem ser fornecidas em

kg/m³, o calor específico em J/kgK e a condutividade térmica em W/mK. O programa também sugere valores que podem ser utilizados em todos os materiais. No entanto, com a modificação dos materiais utilizados os valores dos parâmetros também devem ser alterados, principalmente os parâmetros relacionados ao solo.

NMAT: Number of materials in this domain: campo que especifica o número de materiais cujas propriedades serão especificadas. A ordem dos materiais não é ajustável de modo que seis propriedades dos materiais precisam ser especificadas. Para a aplicação do *Basement* no *EnergyPlus*, apenas a parede de fundação, laje, solo e cascalho são usados;

Density for Foundation Wall: especifica a densidade da parede da fundação. O valor típico é 2243 kg/m³;

Density for Floor Slab: especifica a densidade da laje. O valor típico é 2243 kg/m³;

Density for Ceiling: campo correspondente à densidade do teto. O valor padrão é 311kg/m³;

Density for Soil: campo que informa a densidade do solo. O valor típico é 1500 kg/m³, mas pode variar de acordo com o tipo e as condições do solo;

Density for Gravel: campo que informa a densidade do cascalho. O valor típico é 2000 kg/m³;

Density for Wood: campo que representa a densidade da madeira. O valor típico é 449 kg/m³;

Specific Heat For Foundation Wall: é o calor específico da parede da fundação. O valor padrão é 880 J/kgK;

Specific Heat for Floor Slab: campo que informa o calor específico da laje. O valor típico é 880 J/kgK;

Specific Heat for Ceiling: campo que representa o calor específico do teto. O valor padrão é 1530 J/kgK;

Specific Heat for Soil: este campo é o calor específico do solo. O valor típico é 840 J/kgK;

Specific Heat for Gravel: campo responsável por informar o calor específico do cascalho. O valor típico é 720 J/kgK;

Specific Heat for Wood: campo que representa o calor específico da madeira. O valor padrão é 1530 J/kgK;

Thermal Conductivity for Foundation Wall: campo que mostra a condutividade térmica da parede da fundação. O valor padrão é 1,4 W/mK.

Thermal Conductivity for Floor Slab: representa a condutividade da laje. O valor típico é 1,4 W/mK.

Thermal Conductivity for Ceiling: campo que fornece a condutividade térmica do teto. O valor típico é 0,09 W/mK.

Thermal Conductivity for Soil: campo responsável por fornecer a condutividade térmica do solo. O valor padrão é 1.1 W/mK;

Thermal Conductivity for Gravel: este campo é responsável por informar a condutividade térmica do cascalho. O valor típico é 1,9 W/mK;

Thermal Conductivity for Wood: representa a condutividade térmica da madeira. O valor padrão é 0,12 W/mK;

Field	Units	Obj1
NMAT: Number of materials in this domain		6
Density for Foundation Wall	kg/m3	2400
density for Floor Slab	kg/m3	2400
density for Ceiling	kg/m3	311
density for Soil	kg/m3	1800
density for Gravel	kg/m3	2000
density for Wood	kg/m3	449
Specific heat for foundation wall	J/kg-K	1000
Specific heat for floor slab	J/kg-K	1000
Specific heat for ceiling	J/kg-K	1530
Specific heat for soil	J/kg-K	1220
Specific heat for gravel	J/kg-K	720
Specific heat for wood	J/kg-K	1530
Thermal conductivity for foundation wall	W/m-K	1,75
Thermal conductivity for floor slab	W/m-K	1,75
Thermal conductivity for ceiling	W/m-K	0,09
thermal conductivity for soil	W/m-K	0,915
thermal conductivity for gravel	W/m-K	1,9
thermal conductivity for wood	W/m-K	0,12

Figura A.12: Dados de entrada do *MatProps Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:Insulation Object*

É o objeto responsável por descrever o isolamento existente entre o plano formado pelas paredes/piso do porão e o solo. Os parâmetros que devem ser preenchidos

nesse objeto são especificados a seguir. Na Figura A.13 exemplifica-se a forma como esses parâmetros apresentam-se do *IDF Editor*.

REXT:R Value of any exterior insulation: este campo representa o valor da resistência térmica (m^2K/W) de qualquer isolamento exterior que é dada pela divisão da espessura do isolante pela condutividade térmica do material;

INSFULL: Flag: Is the wall fully insulated?: campo que usa “verdadeiro” para paredes totalmente isoladas e “falso” para isolamento da metade da parede lateral até a linha da grade (Figura A.7).

The screenshot shows the IDF Editor interface. On the left, the 'Class List' pane displays a hierarchy of classes, with 'GroundHeatTransfer:Basement:Insulation' selected. On the right, the 'Comments from IDF' pane provides an 'Explanation of Object and Current Field'. Below the comments, a table displays the input data for the selected object.

Field	Units	Obj1
REXT: R Value of any exterior insulation	m ² K/W	1.25
INSFULL: Flag: Is the wall fully insulated?		TRUE

Figura A.13: Dados de entrada do *Insulation Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:SurfaceProps Object*

Os primeiros seis campos neste objeto especificam os parâmetros usados na determinação das condições de contorno que envolve o processo de transferência de calor da superfície do solo. Eles são especificados para as condições com a presença de cobertura de neve sobre o solo ou sem a existência de neve sobre o solo. Na Figura A.14 ilustra-se a forma como esses parâmetros são apresentados no *EnergyPlus*.

Os dois próximos campos especificam o valor do albedo da superfície do solo dentro do domínio horizontal, para dias sem ou com cobertura de neve. Segundo Lee (2013) o albedo (refletividade solar) é uma característica térmica importante dos materiais, que indica o potencial de uma superfície de reflexão solar. É a razão entre quantidade de radiação solar refletida e a quantidade de radiação solar incidente na superfície. O albedo varia em uma escala de 0 a 1, sendo que 0 significa que a

superfície não pode refletir (absorve 100% da radiação solar) e 1 significa 100% de reflexão da radiação solar (Tabela A-1).

Tabela A-1: Variação de albedo das superfícies

Superfície		Albedo
Desertos		0,20 - 0,45
Neve		0,30 - 0,40
Solos	Escuro e Úmido	0,05
	Claro e Seco	0,4
Gramas	Alta (1m)	0,16
	Baixa	0,26

Fonte: Adaptado de OKE, 1995.

ALBEDO: Surface albedo for No snow conditions: campo que especifica o albedo solar (capacidade de reflexão de uma superfície) da superfície sem condições de neve. O valor típico para este campo é 0.16;

ALBEDO: Surface albedo for snow conditions: este campo especifica o albedo solar da superfície para condições de solo coberto por neve. O valor típico para este campo é 0.40;

Os dois próximos campos especificam a emissividade da superfície do solo, sem ou com neve. Emissividade térmica é uma propriedade da superfície de um dado material que caracteriza a sua capacidade de emitir e absorver radiação térmica. A emissividade influencia na temperatura e na transferência de calor através das superfícies, variando em uma escala de 0 a 1 (OKE, 1995). Segundo Oke (1995), para superfícies naturais, a emissividade geralmente se encontra próxima a 1 (Tabela A-2), porém, desprezar a sua variação pode resultar em um impacto de até 1°C na temperatura da maioria das superfícies.

EPSLN: Surface emissivity No Snow: este campo especifica o comprimento de onda longo ou emissividade de radiação térmica para a superfície do solo sem condições de neve. O valor padrão é 0,94;

EPSLN: Surface emissivity with Snow: este campo especifica o comprimento de onda longo ou a emissividade de radiação térmica para a superfície do solo sob as condições onde o solo está coberto por neve. O valor padrão é 0,86;

Tabela A-2: Variação da emissividade das superfícies

Superfície		Emissividade
Asfaltos		0,95
Desertos		0,84 - 0,91
Neve		0,82 - 0,99
Solos	Escuro e Úmido	0,98
	Claro e Seco	0,90
Gramma	Alta (1m)	0,90
	Baixa	0,95

Fonte: Adaptado de OKE, 1995.

Os dois próximos campos especificam a rugosidade da superfície. Esse dado é utilizado para determinar o coeficiente de transferência de calor por convecção entre a superfície do solo e o ar. Porém, apesar da altura da rugosidade ser muito próxima a altura real da cobertura do solo, a rugosidade especifica a altura em que a velocidade (medida experimentalmente) de um perfil do vento vai a zero, ou seja é a rugosidade aerodinâmica da superfície (BAHNFLETH, 1989). Na Tabela A-3 apresenta-se valores de referência para a rugosidade de diferentes superfícies.

Tabela A-3: Variação da rugosidade das superfícies

Superfície		Rugosidade(cm)
Solo		0,1 - 1
Areia		0,03
Neve		0,05 - 0,1
Gramma	2 - 10cm	0,3 - 0,1
	25 - 100cm	4 - 10

Fonte: Adaptado de OKE, 1995.

VEGHT: Surface roughness No snow conditions: este campo especifica a rugosidade da superfície ou a altura da vegetação (cm) que é usada na determinação do coeficiente de transferência de calor convectivo na superfície sem condições de neve. O valor típico é 6,0;

VEGHT: Surface roughness snow conditions: Este campo especifica a rugosidade superficial ou altura de vegetação (cm) que é usada na determinação do coeficiente de transferência de calor convectivo na superfície sob as condições onde o solo está coberto de neve. O valor padrão é 0,25;

PET: Flag, Potential evapotranspiration on?: este campo é um sinalizador que chama a sub-rotina responsável pelo cálculo da evapotranspiração na superfície do

solo. Isso abrange todas as formas de transferência de calor latente a partir da superfície e normalmente deve ser incluído. O usuário insere "true" para sim e "false" para não.

Class List		Comments from IDF	
[0018]	Material		
[0001]	WindowMaterial:Glazing		
[0008]	Construction		
[0001]	GlobalGeometryRules		
[0013]	Zone		
[0107]	BuildingSurface:Detailed		
[0032]	FenestrationSurface:Detailed		
[0002]	SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel		
[0001]	GroundHeatTransfer:Control		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:MatlProps		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Insulation		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SurfaceProps		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:BldgData		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Interior		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:ComBldg		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquipSlab		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquipAutoGrid		

Explanation of Object and Current Field	
Object Description:	Specifies the soil surface properties for the Basement preprocessor ground heat transfer simulation.
Field Description:	
ID:	N1
Default:	0,16
Range:	0 <= X <= 1

Field	Units	Obj1
ALBEDO: Surface albedo for No snow conditions		0,17
ALBEDO: Surface albedo for snow conditions		0,4
EPSLN: Surface emissivity No Snow		0,94
EPSLN: Surface emissivity with Snow		0,86
VEGHT: Surface roughness No snow conditions	cm	6
VEGHT: Surface roughness Snow conditions	cm	0,25
PET: Flag, Potential evapotranspiration on?		TRUE

Figura A.14: Dados de entrada do *SurfaceProps Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:BldgData Object*

Este objeto especifica os principais parâmetros de configuração para o porão. A grade tridimensional usada na simulação tem a capacidade de incluir um "preenchimento" de cascalho em torno do porão. Assim, várias dimensões devem ser especificadas. Todas as unidades estão em metros. Na Figura A.15 exemplifica-se a forma como estes campos devem ser preenchidos pelo usuário do programa.

DWALL: Wall thickness: este campo especifica a espessura da parede do porão. O valor padrão é 0,2m;

DSLAB: Floor Slab thickness: este campo especifica a espessura da laje (m). O valor típico é 0,25m;

DGRAVXY: Width of gravel pit beside Basement wall: este campo especifica a largura da "cama" feita de cascalho entre a parede do porão e o solo;

DGRAVZN: Gravel depth extending above the floor slab: este campo especifica a profundidade do preenchimento de cascalho acima do piso da laje;

DGRAVZP: Gravel depth below the floor slab: este campo especifica a profundidade do preenchimento de cascalho abaixo da laje;

Class List			Comments from IDF	
[0018]	Material			
[0001]	WindowMaterial:Glazing			
[0008]	Construction			
[0001]	GlobalGeometryRules			
[0013]	Zone			
[0107]	BuildingSurface:Detailed			
[0032]	FenestrationSurface:Detailed			
[0002]	SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel			
[0001]	GroundHeatTransfer:Control			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:MatlProps			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Insulation			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SurfaceProps			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:BldgData		<p>Explanation of Object and Current Field</p> <p>Object Description: Specifies the surface and gravel thicknesses used for the Basement preprocessor ground heat transfer simulation.</p> <p>Field Description: ID: N1 Default: 0,2 Range: 0,2 <= X but no maximum</p>	
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Interior			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:ComBldg			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquivSlab			
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquivAutoGrid			

Field	Units	Obj1
DWALL: Wall thickness	m	0,2
DSLAB: Floor slab thickness	m	0,1
DGRAVXY: Width of gravel pit beside basement wall	m	0,3
DGRAVZN: Gravel depth extending above the floor slab	m	0,2
DGRAVZP: Gravel depth below the floor slab	m	0,1

Figura A.15: Dados de entrada do *BldgData Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:Interior Object*

Este objeto fornece as informações necessárias para simular as condições de contorno dentro do ambiente subterrâneo. Os parâmetros a serem preenchidos são especificados a seguir e ilustrados pela Figura A.16:

COND: Flag: Is the Basement conditioned?: campo que indica se a temperatura do porão é controlada. Se o porão for condicionado mecanicamente: sim, caso contrário: não.

HIN: Downward convection only heat transfer coefficient: campo que especifica o coeficiente de transferência de calor de convecção apenas para pisos (fluxo de calor descendente - W/m^2K);

HIN: Upward convection only heat transfer coefficient: este campo especifica o coeficiente de transferência de calor de convecção apenas para pisos (fluxo de calor ascendente - W/m^2K);

HIN: Horizontal convection only heat transfer coefficient: este campo especifica o coeficiente de transferência de calor de convecção apenas para paredes (fluxo de calor horizontal - W/m^2K);

HIN: Downward combined (convection and radiation) heat transfer coefficient: campo que especifica a radiação térmica combinada e o coeficiente de transferência de calor por convecção para pisos (fluxo de calor descendente - W/m^2K);

HIN: Upward combined (convection and radiation) heat transfer coefficient: este campo especifica a radiação térmica combinada e o coeficiente de transferência de calor por convecção para pisos (fluxo de calor ascendente - W/m²K);

HIN: Horizontal combined (convection and radiation) heat transfer coefficient: este campo especifica a radiação térmica combinada e o coeficiente de transferência de calor por convecção para paredes (fluxo de calor horizontal - W/m²K).

The screenshot shows the IDF Editor interface. On the left, the 'Class List' contains various object classes, with 'GroundHeatTransfer:Basement:Interior' selected. On the right, the 'Comments from IDF' pane displays the 'Explanation of Object and Current Field'. Below this, a table lists the fields for the selected object.

Field	Units	Obj1
COND: Flag: Is the basement conditioned?		TRUE
HIN: Downward convection only heat transfer coefficient	W/m2-K	0,92
HIN: Upward convection only heat transfer coefficient	W/m2-K	4,04
HIN: Horizontal convection only heat transfer coefficient	W/m2-K	3,08
HIN: Downward combined (convection and radiation) heat transfer coefficient	W/m2-K	6,13
HIN: Upward combined (convection and radiation) heat transfer coefficient	W/m2-K	9,26
HIN: Horizontal combined (convection and radiation) heat transfer coefficient	W/m2-K	8,29

Figura A.16: Dados de entrada do *Interior Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:ComBldg Object*

Este objeto especifica as 12 temperaturas médias mensais do porão (temperatura do ar). Na Figura A.17 representa-se a forma como estes campos aparecem do *IDF Editor*. Para obter o valor adequado das temperaturas médias mensais do porão uma simulação preliminar deve ser realizada. Nessa simulação, um valor fixo de temperatura deve ser utilizado (neste trabalho a temperatura foi de 22 °C) e com os dados de saída gerados nessa simulação é possível obter a média ponderada levando-se em conta as temperaturas obtidas para cada zona do porão e a sua respectiva área (divisão da temperatura obtida para cada zona x área de cada zona pela área total do porão). Os valores obtidos são então inseridos na simulação principal do modelo a ser analisado. Nesse trabalho, as simulações foram realizadas para um dia típico de verão e um dia típico de inverno de modo que duas temperaturas médias internas foram obtidas. Sendo assim, nos meses correspondentes ao verão foram inseridos a temperatura média encontrada para o verão e o mesmo procedimento foi realizado para o inverno.

January to December average temperature: representa a temperatura média do ar (°C) para o porão, de janeiro até o mês de dezembro.

Daily variation sine wave amplitude: campo que especifica a amplitude para uma variação diária da onda senoidal a ser colocada na temperatura interna. Como este parâmetro apresentou ter pouco efeito nos resultados o valor 0 pode ser usado com segurança nas simulações.

Field	Units	Obj1
February average temperature	C	24,04
March average temperature	C	24,04
April average temperature	C	15,92
May average temperature	C	15,92
June average temperature	C	15,92
July average temperature	C	15,92
August average temperature	C	15,92
September average temperature	C	15,92
October average temperature	C	24,04
November average temperature	C	24,04
December average temperature	C	24,04

Figura A.17: Dados de entrada do *ComBldg Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:EquivSlab Object*

Este objeto fornece as informações necessárias para fazer a simulação como uma geometria quadrada equivalente, utilizando uma relação entre a área e o perímetro. Esta técnica mostrou-se satisfatória nas pesquisas desenvolvidas por Cogil (1998).

APRatio: The área to perimeter ratio for this slab: campo que especifica a relação área/perímetro (A / P) para a laje da fundação;

EquivSizing: Flag: este campo deve sempre ser *TRUE* a menos que o usuário deseje olhar especificamente as diferenças entre a parede longa e a parede curta em uma configuração retangular equivalente.

Na Figura A.18 ilustra-se a forma como estes campos devem ser preenchidos no *EnergyPlus*:

Class List		Comments from IDF	
[0018]	Material		
[0001]	WindowMaterial:Glazing		
[0008]	Construction		
[0001]	GlobalGeometryRules		
[0013]	Zone		
[0107]	BuildingSurface:Detailed		
[0032]	FenestrationSurface:Detailed		
[0002]	SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel		
[0001]	GroundHeatTransfer:Control		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:MatlProps		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Insulation		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:SurfaceProps		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:BldgData		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:Interior		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:ComBldg		
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquivSlab	<p>Explanation of Object and Current Field</p> <p>Object Description: Using an equivalent slab allows non-rectangular shapes to be modeled accurately. The simulation default should be EquivSizing=True</p> <p>Field Description: ID: N1 No default value available</p>	
[0001]	GroundHeatTransfer:Basement:EquivAutoGrid		

Field	Units	Obj1
APPRatio: The area to perimeter ratio for this slab	m	1,629
EquivSizing: Flag		TRUE

Figura A.18: Dados de entrada do *EquivSlab Object*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

- *GroundHeatTransfer:Basement:EquivAutoGrid Object*

Este é um objeto necessário somente quando o parâmetro *EquivSizing Flag* no objeto *EquivSlab* é *TRUE*. Este objeto fornece as informações necessárias para configurar a grade de diferenças finitas responsável por calcular a condução tridimensional no porão. Os parâmetros a serem preenchidos são especificados a seguir e ilustrados pela Figura A.19:

CLEARANCE: Distance from outside of wall to edge of 3-D ground domain: este campo especifica a distância externa do campo a ser considerada a partir da parede do porão. Na pesquisa, determinou-se 15 metros é um valor satisfatório;

SlabDepth: Thickness of the floor slab: este campo especifica a espessura da laje em metros. Observe que a superfície superior da laje está nivelada com a superfície do solo, de modo que esta é a sua profundidade no solo. A profundidade da laje tem um efeito significativo no cálculo da temperatura, e também é importante para o processo automático de divisão da grade de diferenças finitas que o programa executa. As grades (ou malha) de diferenças finitas são definidas de tal forma que é utilizada a espessura da laje para determinar o espaçamento vertical da grelha. Por causa disto, o processo de automático de dimensionamento da grade falhará se a espessura da laje especificada for muito espessa. O programa também é configurado de modo que a laje é uma única célula de diferenças finitas na direção vertical. Assim, se a espessura da laje for muito grande, a precisão do cálculo pode ser equivocada. O valor padrão adotado no programa é 0,1m;

BaseDepth: Depth of the Basement wall below grade: este campo especifica a profundidade da parede do porão abaixo do nível do solo (m). Esta é a altura da parede medida da base do porão até o nível do solo;

The screenshot shows the EnergyPlus IDF Editor interface. On the left, the 'Class List' pane displays a list of classes, with 'GroundHeatTransfer:Basement:EquivAutoGrid' selected. On the right, the 'Comments from IDF' pane is empty, and the 'Explanation of Object and Current Field' pane shows the object description and field description for the selected object. Below these panes, a table lists the fields for the object.

Field	Units	Obj1
CLEARANCE: Distance from outside of wall to edge of	m	15
SlabDepth: Thickness of the floor slab	m	0,1
BaseDepth: Depth of the basement wall below grade	m	2,3

Figura A.19: Dados de entrada do *EquivAutoGrid* Object

Fonte: Dados da pesquisa da autora

▪ Objetos Adicionais:

Existem cinco objetos adicionais no IDD que podem ser usados em situações muito específicas por pesquisadores que desejam gerar grades de cálculo especiais. Eles normalmente não são úteis para os usuários do *EnergyPlus* e por esse motivo não precisam estar no IDF. São eles: *AutoGrid*, *ManualGrid*, *XFACE*, *YFACE*, *ZFACE*.

A.3.4 Usando os Resultados do pré-processador Basement no EnergyPlus

Se os objetos apresentados na seção 3.3 forem colocados no arquivo de entrada IDF do *EnergyPlus* usando o prefixo "GroundHeatTransfer:Basement:", os valores resultantes do pré-processador do *Basement* são automaticamente incluídos na simulação no mesmo tempo de execução. Se o usuário optar pela simulação pelo *RunBasement* os resultados gerados pela pré-simulação são fornecidos por meio dos objetos: *SurfaceProperty:OtherSideCoefficients* no *EnergyPlus* e *Schedule:Compact*, conforme apresenta-se na Figura A.20. Esses objetos gerados devem ser adicionados ao *IDF Editor* da simulação principal da edificação para que o programa possa simular a edificação como um todo, levando em conta a troca de calor envolvendo o solo e os cômodos subterrâneos.

Class List		Comments from IDF			
[0004] Schedule:Compact		Explanation of Object and Current Field Object Description: Irregular object. Does not follow the usual definition for fields. Fields A3... are: Through: Date For: Applicable days (ref: Schedule:Week:Compact) Interpolate: Yes/No (ref: Schedule:Day:Interval) - optional, if not used will be "No" Until: <Time> (ref: Schedule:Day:Interval) <numeric value> words "Through","For","Interpolate","Until" must be included.			
[0004] SurfaceProperty:OtherSideCoefficients					
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		scheduleOSCBasen	scheduleOSCBasen	scheduleOSCBasen	scheduleOSCBasen
Schedule Type Limits Name		Temperature	Temperature	Temperature	Temperature
Field 1	varies	Through: 1/31	Through: 1/31	Through: 1/31	Through: 1/31
Field 2	varies	For:AllDays	For:AllDays	For:AllDays	For:AllDays
Field 3	varies	Until:24:00	Until:24:00	Until:24:00	Until:24:00
Field 4	varies	25,9	24,64	26,68	25,05
Field 5	varies	Through: 2/28	Through: 2/28	Through: 2/28	Through: 2/28
Field 6	varies	For:AllDays	For:AllDays	For:AllDays	For:AllDays
Field 7	varies	Until:24:00	Until:24:00	Until:24:00	Until:24:00
Field 8	varies	25,9	24,77	26,59	25,15
Field 9	varies	Through: 3/31	Through: 3/31	Through: 3/31	Through: 3/31

Figura A.20: Arquivo IDF de saída da pré-simulação do *Basement*
Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.3.4.1 SurfaceProperty:OtherSideCoefficients

Especificado no item 2.3.

A.3.4.2 Schedule:Compact

Por flexibilidade, um cronograma pode ser inserido usando o objeto *Schedule:Compact* (Figura A.20) de forma que todos os recursos dos componentes de programação são acessados em um único comando. Os dados de entrada do objeto *Compact* deve cobrir todos os dias de um ano. Adicionalmente, as validações *DaySchedule* (ou seja, deve ter valores para todas as 24 horas) e *WeekSchedule* (ou seja, deve ter valores para todos os dias) é aplicada. A seguinte descrição lista os campos e a ordem em que esses campos devem ser utilizados no objeto. O nome e o tipo de programação são as exceções:

- *Name*: este campo deve conter uma designação única (entre *Schedule: Year*, *Schedule: Compact* e *Schedule:File*) para a agenda. É referenciado por vários itens programados (por exemplo, Luzes, Pessoas, Infiltração) para definir os valores de programação apropriados.
- *Name Schedule TypeLimits*: este campo contém uma referência ao objeto *Schedule Type Limits*. Se encontrado em uma lista de *Schedule Type Limits* as restrições do objeto referenciado serão usadas para validar os valores de campo horário. No caso da simulação do *Basement* o programa gera o *Schedule Type Limits* com o nome *Temperature*.

- *Field-Set*: cada cronograma compacto deve conter os elementos *Through* (data), *For* (dias), *Interpolate* (opcional), *Until* (hora do dia) e *Value* (valor). Em geral, cada um dos campos "titulados" deve incluir o "título".
- *Through*: este campo contém a data de término para o período de agendamento (pode ser mais do que um);
- *For*: este campo contém os dias aplicáveis para o período de 24 horas;
- *Interpolate (opcional)*: este campo, se utilizado, começa com "Interpolar:" e contém a palavra "Sim" ou "Não".
- *Until*: este campo contém a hora para os dias atuais e a programação do dia sendo definida;
- *Value*: o campo de valor é o valor de programação para o intervalo de tempo especificado.

A.3.4.3 Schelude: TypeLimits

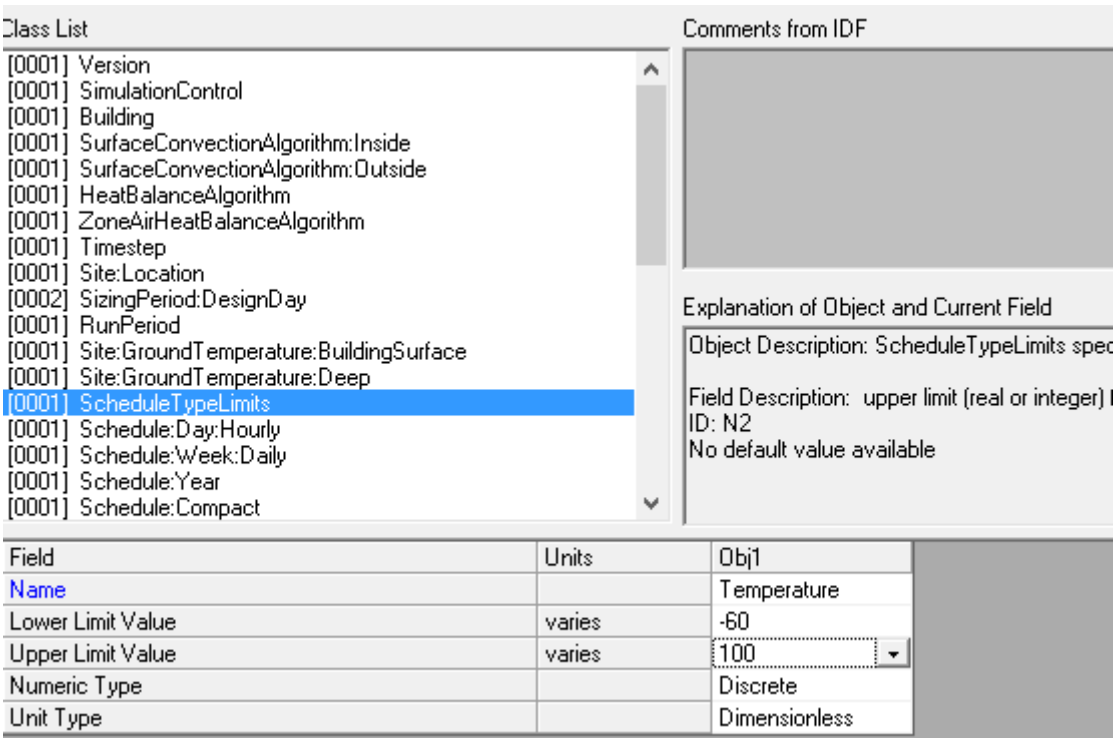
Quando o pré-processador “devolve” como resultados os objetos *SurfaceProperty:OtherSideCoefficients* e *Schedule:Compact* o objeto *Schelude:TypeLimits* com o nome *Temperature* deve ser preenchido para que a restante da simulação seja concluída sem que haja erros. Na Figura A.21 ilustra-se a forma como este campo deve ser preenchido.

Os tipos de programação podem ser usados para validar partes dos outros cronogramas. As programações horárias, por exemplo, são validadas pelo intervalo mínimo/máximo (se inserido) assim como o tipo numérico (contínuo ou discreto). Os cronogramas anuais, por outro lado, só são validados para o intervalo já que a validação do tipo numérico já foi realizada.

- *Name*: este campo deve conter um designador exclusivo (dentro dos tipos de programação);
- *Lower Limit Value*: neste campo, deve ser introduzido o valor limite inferior (mínimo) para o tipo de programação. Se este campo for deixado em branco, o tipo de programação não estará limitado a um intervalo de valores mínimo / máximo;
- *Upper Limit Value*: neste campo, deve ser introduzido o valor limite superior (máximo) para o tipo de programação. Se este campo for deixado em branco, o

tipo de programação não estará limitado a um intervalo de valores mínimo / máximo;

- *Numeric Type*: este campo designa como os valores de intervalo são validados. A utilização de “*Continuous*” neste campo permite que todos os números, incluindo valores fracionários, dentro do intervalo sejam válidos. A utilização de “*Discrete*” neste campo permite que apenas valores inteiros entre os valores de intervalo mínimo e máximo sejam válidos;
- *Unit Type*: campo usado para indicar o tipo de unidades que podem ser associadas com o agendamento que faz referência ao objeto *ScheduleTypeLimits*. Este campo não é utilizado pelo *EnergyPlus*. As opções disponíveis são mostradas são: *Dimensionless*, *Temperature*, *DeltaTemperature*, *PrecipitationRate*, *Angle*, *Convection Coefficient*, *Activity Level*, *Velocity*, *Capacity*, *Power*, *Availability*, *Percent*, *Control*, *Mode*. Se nenhuma dessas opções for apropriada, o *Dimensionless* deve ser selecionado.



Class List

- [0001] Version
- [0001] SimulationControl
- [0001] Building
- [0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Inside
- [0001] SurfaceConvectionAlgorithm:Outside
- [0001] HeatBalanceAlgorithm
- [0001] ZoneAirHeatBalanceAlgorithm
- [0001] Timestep
- [0001] Site:Location
- [0002] SizingPeriod:DesignDay
- [0001] RunPeriod
- [0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
- [0001] Site:GroundTemperature:Deep
- [0001] **ScheduleTypeLimits**
- [0001] Schedule:Day:Hourly
- [0001] Schedule:Week:Daily
- [0001] Schedule:Year
- [0001] Schedule:Compact

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: ScheduleTypeLimits spec

Field Description: upper limit (real or integer) I

ID: N2

No default value available

Field	Units	Obj1
Name		Temperature
Lower Limit Value	varies	-60
Upper Limit Value	varies	100
Numeric Type		Discrete
Unit Type		Dimensionless

Figura A.21: *TypeLimits Temperature*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

A.4 BUILDINGSURFACES:DETAILED OBJECTS

Além disso, para representar as paredes que estão em contato direto com o solo pertencentes ao cômodo subterrâneo, no *BuildingSurface:detailedobjects* o *Outside Boundary Condition* deve ser diferente para cada tipo de procedimento selecionado (Figura A.22). Para o caso onde apenas as temperaturas do solo são informadas a opção *Ground* deve ser selecionada. Nos métodos pertencentes ao *GroundDomain* a opção *OtherSideConditionsModel* deverá ser selecionada. No caso onde o pré-processador *Basement* (*DetailedGroundHeatTransfer*) é utilizado a opção *GroundBasementPreprocessor* deve ser selecionada determinando-se a opção correta para o piso e para as paredes: *AverageWall*: (isolamento em toda a parede), *AverageFloor* (isolamento em todo o piso), *UpperWall* (isolamento apenas na metade superior da parede) ou *LowerWall* (isolamento apenas na metade inferior da parede).

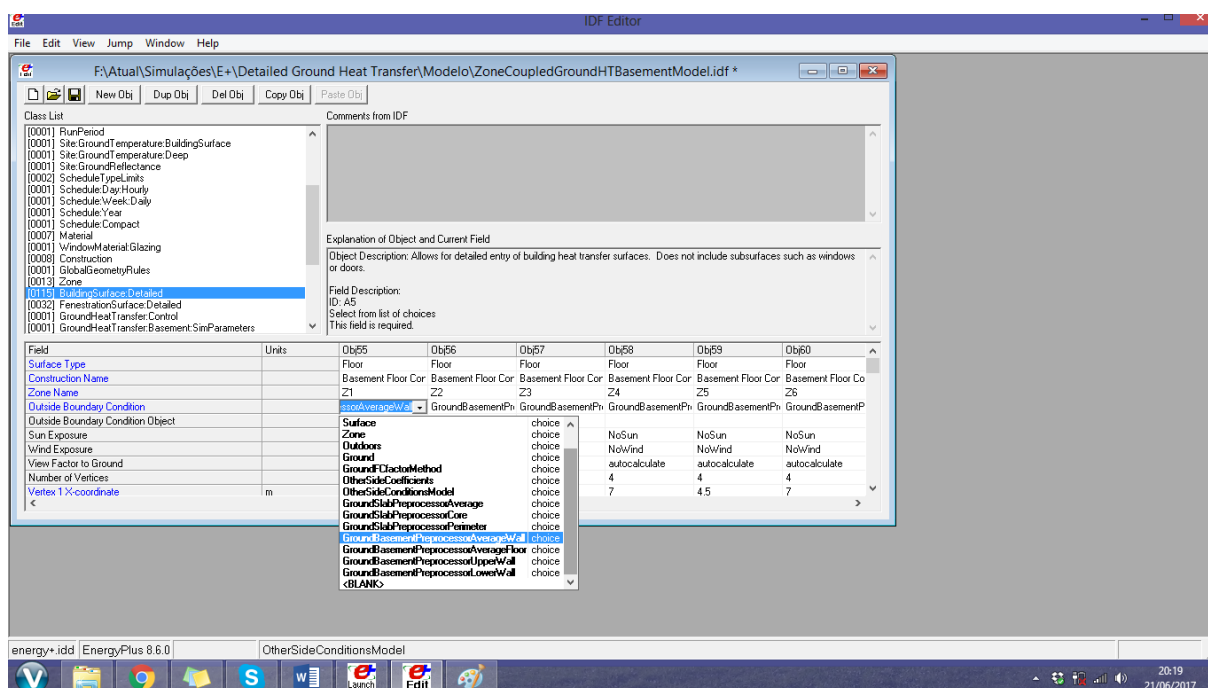


Figura A.22: *TypeLimits Temperature*

Fonte: Dados da pesquisa da autora

APÊNDICE B

DADOS DE ENTRADA UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES NO PROGRAMA *ENERGYPLUS* PARA OS DIFERENTES TIPOS DE MÉTODOS (*DETAILED GROUND HEAT TRANSFER* E *GROUND DOMAIN: FINITE DIFFERENCE*) PARA A OBTENÇÃO DA TROCA DE CALOR ENVOLVENDO O SOLO QUE O PROGRAMA É CAPAZ DE FORNECER

Observação: Para os métodos pertencentes ao objeto *GroundDomain* apresenta-se apenas o método *FiniteDifference* pois o preenchimento dos dados de entrada deste método são similares aos dados de entrada dos métodos *Kusuda* e *Achenbach* e *Xing*.

B.1 Método de Simulação: *GroundDomain: Finite Difference*

```

!-Generator IDFEditor 1.48
!-Option SortedOrder
!-NOTE: All comments with '!-' are ignored by the
IDFEditor and are generated automatically.
!- Use '!' comments if they need to be retained
when using the IDFEditor.
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
VERSION
! ZoneCoupledGroundHTBasement.idf
! Basic File Description:
! This input file exemplifies the use of the
Site:GroundDomain:Basement
! object to perform the simulation of ground coupled
heat transfer.
! exchangers
! Highlights: Simulates ground coupled heat transfer
with basement zone.
! Simulation Location/Run:
! Location: Denver, CO
! Design Days SummerDesignDay and
WinterDesignDay
! Run Period: Annual simulation
! Run Control: Annual simulation
!
! Building: Idealized approximation of simple residential
building with basement
! Floor Area: 100 m2 per floor
! Number of Stories: 2, one below ground
!
! Zone Description Details:
! Internal gains description: None, disabled as the
feature of this input file
! is the foundation heat exchanger operation, not zone
simulation.
! Interzone Surfaces: The surface separating the main
floor from the basement
! is an unentered interzone surface.
! Internal Mass: None
! People: None
! Lights: None
! Windows: None
! Detached Shading: None
! Daylight: None
! Natural Ventilation: None
! Compact Schedules (preferred): Yes
! Solar Distribution: FullInteriorAndExterior
! HVAC: Ideal air system
! Purchased Air: No
! Zonal Equipment: No
! Central Air Handling Equipment: No
! System Equipment Autosize: No
! Purchased Cooling: No
! Purchased Heating: No
! Coils: No
! Pumps: No
! Boilers: No
! Chillers: No
! Towers: No
! Results: Standard hourly variables for zone.
! Standard Reports: No
! Timestep or Hourly Variables: Hourly
! Time bins Report: No
! HTML Report: Yes
! Environmental Emissions: No
! Utility Tariffs: No
!*****
!***** SIMULATION CONTROLS
!*****
Version,
    8.6;                !- Version Identifier

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SIMULATIONCONTROL =====
SimulationControl,
    No,                !- Do Zone Sizing Calculation
    No,                !- Do System Sizing Calculation
    No,                !- Do Plant Sizing Calculation
    Yes,               !- Run Simulation for Sizing
Periods
    No;                !- Run Simulation for Weather File
Run Periods
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
BUILDING =====
Building,
    Residência Unifamiliar, !- Name
    0,                  !- North Axis {deg}
    City,              !- Terrain
    0.01,              !- Loads Convergence Tolerance
Value
    0.1,               !- Temperature Convergence
Tolerance Value {deltaC}
    FullExterior,     !- Solar Distribution

```

```

25,          !- Maximum Number of Warmup
Days
6;          !- Minimum Number of Warmup
Days

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SHADOWCALCULATION =====
ShadowCalculation,
  AverageOverDaysInFrequency, !- Calculation
Method
  20,          !- Calculation Frequency
  15000;       !- Maximum Figures in Shadow
Overlap Calculations

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SURFACECONVECTIONALGORITHM:INSIDE
=====
SurfaceConvectionAlgorithm:Inside,
  Simple;      !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SURFACECONVECTIONALGORITHM:OUTSIDE
=====
SurfaceConvectionAlgorithm:Outside,
  SimpleCombined; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
HEATBALANCEALGORITHM =====
HeatBalanceAlgorithm,
  ConductionTransferFunction, !- Algorithm
  200,          !- Surface Temperature Upper
Limit {C}
  0.1,         !- Minimum Surface Convection
Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}
  1000;        !- Maximum Surface Convection
Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONEAIRHEATBALANCEALGORITHM
=====
ZoneAirHeatBalanceAlgorithm,
  ThirdOrderBackwardDifference; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
TIMESTEP =====
Timestep,
  6;           !- Number of Timesteps per Hour

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:LOCATION =====
Site:Location,
  São Paulo,   !- Name
  -23.5,      !- Latitude {deg}
  -46.62,     !- Longitude {deg}
  -3,         !- Time Zone {hr}
  792;        !- Elevation {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SIZINGPERIOD:DESIGNDAY =====
SizingPeriod:DesignDay,
  Verão São Paulo, !- Name
  1,           !- Month
  1,          !- Day of Month
  SummerDesignDay, !- Day Type
  31.9,       !- Maximum Dry-Bulb Temperature
{C}
  9.2,        !- Daily Dry-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature
Range Modifier Type
  ,           !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Day Schedule Name
  WetBulb,   !- Humidity Condition Type
  31.9,      !- Wetbulb or DewPoint at
Maximum Dry-Bulb {C}
  ,          !- Humidity Condition Day Schedule
Name
  ,          !- Humidity Ratio at Maximum Dry-
Bulb {kgWater/kgDryAir}
  ,          !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb
{J/kg}
  ,          !- Daily Wet-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  92043,     !- Barometric Pressure {Pa}
  15.4,      !- Wind Speed {m/s}
  0,         !- Wind Direction {deg}
  No,        !- Rain Indicator
  No,        !- Snow Indicator
  No,        !- Daylight Saving Time Indicator
  ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
  ,          !- Beam Solar Day Schedule Name
  ,          !- Diffuse Solar Day Schedule Name
  ,          !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Beam Irradiance (taub) {dimensionless}
  ,          !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Diffuse Irradiance (taud) {dimensionless}
  0.5;       !- Sky Clearness

SizingPeriod:DesignDay,
  INVERNO São Paulo, !- Name
  7,          !- Month
  1,          !- Day of Month
  WinterDesignDay, !- Day Type
  16.6,       !- Maximum Dry-Bulb Temperature
{C}
  10,         !- Daily Dry-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature
Range Modifier Type
  ,           !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Day Schedule Name
  WetBulb,   !- Humidity Condition Type
  16.6,      !- Wetbulb or DewPoint at
Maximum Dry-Bulb {C}
  ,          !- Humidity Condition Day Schedule
Name
  ,          !- Humidity Ratio at Maximum Dry-
Bulb {kgWater/kgDryAir}
  ,          !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb
{J/kg}
  ,          !- Daily Wet-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  92043,     !- Barometric Pressure {Pa}
  7.7,       !- Wind Speed {m/s}
  180,       !- Wind Direction {deg}
  No,        !- Rain Indicator
  No,        !- Snow Indicator
  No,        !- Daylight Saving Time Indicator
  ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
  ,          !- Beam Solar Day Schedule Name
  ,          !- Diffuse Solar Day Schedule Name
  ,          !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Beam Irradiance (taub) {dimensionless}
  ,          !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Diffuse Irradiance (taud) {dimensionless}
  0.33;      !- Sky Clearness

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
RUNPERIOD =====
RunPeriod,
  Annual Run, !- Name
  1,          !- Begin Month
  1,          !- Begin Day of Month
  12,         !- End Month
  31,         !- End Day of Month
  Sunday,    !- Day of Week for Start Day
  Yes,       !- Use Weather File Holidays and
Special Days
  Yes,       !- Use Weather File Daylight
Saving Period
  No,        !- Apply Weekend Holiday Rule

```

```

Yes,                !- Use Weather File Rain
Indicators
Yes;                !- Use Weather File Snow
Indicators

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:BUILDINGSURFACE
=====
Site:GroundTemperature:BuildingSurface,
20.5,                !- January Ground Temperature
{C}
21.5,                !- February Ground Temperature
{C}
21.7,                !- March Ground Temperature {C}
21.5,                !- April Ground Temperature {C}
20.1,                !- May Ground Temperature {C}
18.6,                !- June Ground Temperature {C}
17.2,                !- July Ground Temperature {C}
16.2,                !- August Ground Temperature {C}
15.9,                !- September Ground Temperature
{C}
16.5,                !- October Ground Temperature
{C}
17.6,                !- November Ground Temperature
{C}
19.1;                !- December Ground Temperature
{C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:DEEP =====
Site:GroundTemperature:Deep,
19,                  !- January Deep Ground
Temperature {C}
19.8,                !- February Deep Ground
Temperature {C}
20.2,                !- March Deep Ground
Temperature {C}
20.3,                !- April Deep Ground Temperature
{C}
20,                  !- May Deep Ground Temperature
{C}
19.4,                !- June Deep Ground Temperature
{C}
18.7,                !- July Deep Ground Temperature
{C}
17.9,                !- August Deep Ground
Temperature {C}
17.5,                !- September Deep Ground
Temperature {C}
17.4,                !- October Deep Ground
Temperature {C}
17.3,                !- November Deep Ground
Temperature {C}
18.3;                !- December Deep Ground
Temperature {C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:UNDISTURBED:FINI
TEDIFFERENCE =====
Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference,
FiniteDiference,    !- Name
1.58,                !- Soil Thermal Conductivity {W/m-
K}
2000,                !- Soil Density {kg/m3}
1550,                !- Soil Specific Heat {J/kg-K}
25,                  !- Soil Moisture Content Volume
Fraction {percent}
25,                  !- Soil Moisture Content Volume
Fraction at Saturation {percent}
0.5;                 !- Evapotranspiration Ground
Cover Parameter {dimensionless}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDDOMAIN:BASEMENT =====
Site:GroundDomain:Basement,
Basement,            !- Name

10.8,                !- Ground Domain Depth {m}
1.428,               !- Aspect Ratio
5,                   !- Perimeter Offset {m}
1.58,                !- Soil Thermal Conductivity {W/m-
K}
2000,                !- Soil Density {kg/m3}
1550,                !- Soil Specific Heat {J/kg-K}
25,                  !- Soil Moisture Content Volume
Fraction {percent}
25,                  !- Soil Moisture Content Volume
Fraction at Saturation {percent}

Site:GroundTemperature:Undisturbed:FiniteDifference,
!- Undisturbed Ground Temperature Model Type
FiniteDiference,    !- Undisturbed Ground
Temperature Model Name
0.5,                 !- Evapotranspiration Ground
Cover Parameter
BasementFloorOSCM, !- Basement Floor
Boundary Condition Model Name
Yes,                 !- Horizontal Insulation
Poliestireno,        !- Horizontal Insulation Material
Name
Perimeter,           !- Horizontal Insulation Extents
0.1,                 !- Perimeter Horizontal Insulation
Width {m}
2.3,                 !- Basement Wall Depth {m}
BasementWallOSCM,   !- Basement Wall
Boundary Condition Model Name
Yes,                 !- Vertical Insulation
Poliestireno,        !- Basement Wall Vertical
Insulation Material Name
2.3,                 !- Vertical Insulation Depth {m}
timestep,            !- Simulation Timestep
4;                   !- Mesh Density Parameter

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDREFLECTANCE =====
Site:GroundReflectance,
0.2,                 !- January Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- February Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- March Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- April Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- May Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- June Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- July Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- August Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- September Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- October Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,                 !- November Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2;                 !- December Ground Reflectance
{dimensionless}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULETYPELIMITS =====
ScheduleTypeLimits,
Fraction,             !- Name
0,                   !- Lower Limit Value
1,                   !- Upper Limit Value
Continuous,          !- Numeric Type
Dimensionless;        !- Unit Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:DAY:HOURLY =====
Schedule:Day:Hourly,

```

```

Shading Trasmitance,  !- Name
Fraction,             !- Schedule Type Limits Name
0,                   !- Hour 1
0,                   !- Hour 2
0,                   !- Hour 3
0,                   !- Hour 4
0,                   !- Hour 5
0,                   !- Hour 6
0,                   !- Hour 7
0,                   !- Hour 8
0,                   !- Hour 9
0,                   !- Hour 10
0,                   !- Hour 11
0,                   !- Hour 12
0,                   !- Hour 13
0,                   !- Hour 14
0,                   !- Hour 15
0,                   !- Hour 16
0,                   !- Hour 17
0,                   !- Hour 18
0,                   !- Hour 19
0,                   !- Hour 20
0,                   !- Hour 21
0,                   !- Hour 22
0,                   !- Hour 23
0;                   !- Hour 24

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:WEEK:DAILY =====
Schedule:Week:Daily,
  Shade TransWeek,    !- Name
  Shading Trasmitance, !- Sunday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Monday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Tuesday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Wednesday
Schedule:Day Name
  Shading Trasmitance, !- Thursday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Friday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Saturday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- Holiday Schedule:Day
Name
  Shading Trasmitance, !- SummerDesignDay
Schedule:Day Name
  Shading Trasmitance, !- WinterDesignDay
Schedule:Day Name
  Shading Trasmitance, !- CustomDay1
Schedule:Day Name
  Shading Trasmitance; !- CustomDay2
Schedule:Day Name

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:YEAR =====
Schedule:Year,
  Shading Transmittance, !- Name
  Fraction,             !- Schedule Type Limits Name
  Shade TransWeek,     !- Schedule:Week Name 1
  1,                   !- Start Month 1
  1,                   !- Start Day 1
  12,                  !- End Month 1
  31;                  !- End Day 1

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:COMPACT =====
Schedule:Compact,
  InfiltrSchedule,    !- Name
  Fraction,           !- Schedule Type Limits Name
  Through: 12/31,     !- Field 1
  For: allDays,       !- Field 2
  Until: 24:00,       !- Field 3
  1;                  !- Field 4

```

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
MATERIAL =====
Material,
  Compensado,        !- Name
  Smooth,            !- Roughness
  0.035,             !- Thickness {m}
  0.15,              !- Conductivity {W/m-K}
  550,               !- Density {kg/m3}
  2300,              !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9,               !- Thermal Absorptance
  0.7,               !- Solar Absorptance
  0.7;               !- Visible Absorptance

Material,
  Argamassa Comum,   !- Name
  MediumRough,       !- Roughness
  0.015,             !- Thickness {m}
  1.15,              !- Conductivity {W/m-K}
  2100,              !- Density {kg/m3}
  1000,              !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.3,               !- Thermal Absorptance
  0.3,               !- Solar Absorptance
  0.3;               !- Visible Absorptance

Material,
  Concreto laje,     !- Name
  Rough,             !- Roughness
  0.1,               !- Thickness {m}
  1.75,              !- Conductivity {W/m-K}
  2400,              !- Density {kg/m3}
  1000,              !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9,               !- Thermal Absorptance
  0.3,               !- Solar Absorptance
  0.3;               !- Visible Absorptance

Material,
  Piso ceramico,     !- Name
  VerySmooth,        !- Roughness
  0.003,             !- Thickness {m}
  1.05,              !- Conductivity {W/m-K}
  2000,              !- Density {kg/m3}
  920,               !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.3,               !- Thermal Absorptance
  0.3,               !- Solar Absorptance
  0.3;               !- Visible Absorptance

Material,
  Telha cerâmica,    !- Name
  Rough,             !- Roughness
  0.01,              !- Thickness {m}
  1.05,              !- Conductivity {W/m-K}
  2000,              !- Density {kg/m3}
  920,               !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9,               !- Thermal Absorptance
  0.3,               !- Solar Absorptance
  0.3;               !- Visible Absorptance

Material,
  Forro,             !- Name
  Smooth,            !- Roughness
  0.01,              !- Thickness {m}
  0.2,               !- Conductivity {W/m-K}
  1400,              !- Density {kg/m3}
  100,               !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.3,               !- Thermal Absorptance
  0.3,               !- Solar Absorptance
  0.3;               !- Visible Absorptance

Material,
  Tijolo 9cm,        !- Name
  Rough,             !- Roughness
  0.09,              !- Thickness {m}
  0.9,               !- Conductivity {W/m-K}
  1600,              !- Density {kg/m3}
  920,               !- Specific Heat {J/kg-K}

```



```

0,          !- Direction of Relative North {deg}
0,          !- X Origin {m}
0,          !- Y Origin {m}
0,          !- Z Origin {m}
,          !- Type
,          !- Multiplier
autocalculate, !- Ceiling Height {m}
autocalculate, !- Volume {m3}
autocalculate, !- Floor Area {m2}
Simple,      !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined, !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;         !- Part of Total Floor Area

Zone,
Roof1,      !- Name
0,          !- Direction of Relative North {deg}
0,          !- X Origin {m}
0,          !- Y Origin {m}
0,          !- Z Origin {m}
,          !- Type
,          !- Multiplier
autocalculate, !- Ceiling Height {m}
autocalculate, !- Volume {m3}
autocalculate, !- Floor Area {m2}
Simple,      !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined, !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;         !- Part of Total Floor Area

Zone,
Roof2,      !- Name
0,          !- Direction of Relative North {deg}
0,          !- X Origin {m}
0,          !- Y Origin {m}
0,          !- Z Origin {m}
,          !- Type
,          !- Multiplier
autocalculate, !- Ceiling Height {m}
autocalculate, !- Volume {m3}
autocalculate, !- Floor Area {m2}
Simple,      !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined, !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;         !- Part of Total Floor Area

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
BUILDINGSURFACE:DETAILED =====
BuildingSurface:Detailed,
P11,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,         !- Zone Name
Outdoors,   !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
0,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.0,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P12,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,         !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P45,        !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P13,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,         !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P24,        !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P14,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,         !- Zone Name
Outdoors,   !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,

```



```

Surface,                !- Outside Boundary Condition
P35,                    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,                  !- Sun Exposure
NoWind,                 !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
7,                      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,                      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,                      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,                      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P44,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,                     !- Zone Name
Surface,                !- Outside Boundary Condition
P21,                    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,                  !- Sun Exposure
NoWind,                 !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
7,                      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,                      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P45,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,                     !- Zone Name
Surface,                !- Outside Boundary Condition
P12,                    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,                  !- Sun Exposure
NoWind,                 !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
3,                      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P51,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,                     !- Zone Name
Outdoors,               !- Outside Boundary Condition
,                        !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,             !- Sun Exposure
WindExposed,            !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
3,                      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P52,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,                     !- Zone Name
Surface,                !- Outside Boundary Condition
P64,                    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,                  !- Sun Exposure
NoWind,                 !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
4.5,                   !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,                      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P53,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,                     !- Zone Name
Surface,                !- Outside Boundary Condition
P41,                    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,                  !- Sun Exposure
NoWind,                 !- Wind Exposure
autocalculate,         !- View Factor to Ground
4,                      !- Number of Vertices
4.5,                   !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                   !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,                   !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                   !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P54,                    !- Name
Wall,                   !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,                     !- Zone Name
Outdoors,               !- Outside Boundary Condition

```

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0.0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P61, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0.0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P62, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0.0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P63, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition

P42, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0.0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P64, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P52, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0.0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P71, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P72, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition

P105, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P73, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P84, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P74, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P75, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P81, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z8, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P104, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P82, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z8, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P94, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P83, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z8, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P84, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z8, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P73, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P91, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P92, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P93, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P94, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P82, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P95, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition

P103, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P101, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P113, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P102, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P123, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P103, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition

P95, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P104, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P81, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P105, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P72, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P111, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P112, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P124, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P113, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P101, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P114, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition

, !- Outside Boundary Condition
 Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P121, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P122, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P123, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition

P102, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P124, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P112, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF1, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary

Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary

Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF2, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name

OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF3, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z3, !- Zone Name

OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF4, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name

OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF5, !- Name
 Floor, !- Surface Type

Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF6, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementFloorOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C1, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z7, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,

C2, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z8, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C3, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z3, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z9, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C4, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z10, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C5, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z11, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C7, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z7, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof1, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C8, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z8, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof1, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C9, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z9, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof1, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C10, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof1, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C11, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof2, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C12, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof2, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 R1, !- Name
 Roof, !- Surface Type
 Roof Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 -5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 8, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 -5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 8, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 R2, !- Name
 Roof, !- Surface Type
 Roof Construction, !- Construction Name
 Roof2, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 2.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 4, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 2.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 -5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 -5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 4, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,

P11b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel, !- Outside Boundary Condition

BasementWallOSCM, !- Outside Boundary Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0.0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P12b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P45b, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P13b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P24b, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,

P14b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P15b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P21b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P44b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P22b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P34b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P23b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
 Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P24b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P13b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -7, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P31b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3, !- Zone Name
OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
Condition
BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P32b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3, !- Zone Name
OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
Condition
BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P33b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3, !- Zone Name
OtherSideConditionsModel,!- Outside Boundary
Condition
BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
Condition Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}

-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P34b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P22b, !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P35b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P43b, !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P41b, !- Name
Wall, !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4, !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P53b, !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun, !- Sun Exposure
NoWind, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4, !- Number of Vertices
3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P42b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P63b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P43b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P35b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P44b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P21b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P45b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P12b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P51b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel, !- Outside Boundary
 Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P52b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P64b, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P53b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P41b, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P54b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel, !- Outside Boundary

Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P61b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel, !- Outside Boundary

Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P62b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 OtherSideConditionsModel, !- Outside Boundary

Condition
 BasementWallOSCM, !- Outside Boundary
 Condition Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P63b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P42b, !- Outside Boundary Condition

Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P64b, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Basement Wall Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P52b, !- Outside Boundary Condition

Object

NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -.7, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -.7; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR1, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 4.5; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR2, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 4.5; !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR3, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 3, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 4.5; !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR4, !- Name
 Wall, !- Surface Type

Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof2, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 3, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 4, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR5, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof2, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 3, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 4; !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR6, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 3, !- Number of Vertices
 10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 3; !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 PR7, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Roof1, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Roof2, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}


```

3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
4.5;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B1,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
2.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B2,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
-5,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B3,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
-5,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B4,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
-5,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B5,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
10,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B6,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}

```

```

7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10.5,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B7,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B8,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
2.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
FENESTRATIONSURFACE:DETAILED
=====
FenestrationSurface:Detailed,
JANELA11,  !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P14,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition

Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
2.5,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0.5,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0.5,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.5,        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA12,  !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P11,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition

Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
0.5,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.5,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.5,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.5,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA21,  !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P23,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition

Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
5.2,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
5.2,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3.2,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.2,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA31,  !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P33,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition

Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
9.5,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}

```

```

-.1,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
9.5,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.1;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA51,  !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P51,      !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
3.25,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3.25,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.1;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA71,  !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P74,      !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
2.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA81,  !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P83,      !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
5.2,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
5.2,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3.2,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.2,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA91,  !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P93,      !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
9.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
9.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA111, !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P111,     !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
3.25,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3.25,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA121, !- Name
Window,   !- Surface Type
Janela,   !- Construction Name
P121,     !- Building Surface Name
,         !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,          !- Shading Control Name
,          !- Frame and Divider Name
1,        !- Multiplier
4,        !- Number of Vertices
5.25,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
5.25,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}

```

```

0,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6.25,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6.25,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA1a,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P12b,     !- Building Surface Name
  PORTA1b,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA1b,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P45b,     !- Building Surface Name
  PORTA1a,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA2a,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P44b,     !- Building Surface Name
  PORTA2b,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6.8,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}

-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA2b,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P21b,     !- Building Surface Name
  PORTA2a,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA3a,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P43b,     !- Building Surface Name
  PORTA3b,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  7,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA3b,   !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P35b,     !- Building Surface Name
  PORTA3a,  !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  7,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}

```

```

7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.2,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.2,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-9;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA4a,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P53b,      !- Building Surface Name
  PORTA4b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  4.3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3.6,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3.6,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA4b,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P41b,      !- Building Surface Name
  PORTA4a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3.6,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.6,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA5a,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P72,       !- Building Surface Name
  PORTA5b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA5b,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P105,      !- Building Surface Name
  PORTA5a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA6a,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P104,      !- Building Surface Name
  PORTA6b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6.8,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA6b,   !- Name
  Door,      !- Surface Type
  Porta,     !- Construction Name
  P81,       !- Building Surface Name
  PORTA6a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

```

```

0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6.8,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;             !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA8a,        !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P82,            !- Building Surface Name
  PORTA8b,        !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  7,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  5.5,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  5.5,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  6.5,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  6.5,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA8b,        !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P94,            !- Building Surface Name
  PORTA8a,        !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  7,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  6.5,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  6.5,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  5.5,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  5.5,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA10a,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P113,           !- Building Surface Name
  PORTA10b,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  4.3,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  4.3,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3.6,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA10b,       !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P101,           !- Building Surface Name
  PORTA10a,       !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  3.6,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.6,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.3,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.3,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA7,         !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P83,            !- Building Surface Name
  ,               !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  6.8,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  7.5,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.8,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  7.5,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  7.5,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  7.5,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA9,         !- Name
  Door,           !- Surface Type
  Porta,          !- Construction Name
  P91,            !- Building Surface Name
  ,               !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,               !- Shading Control Name
  ,               !- Frame and Divider Name
  1,              !- Multiplier
  4,              !- Number of Vertices
  9,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,            !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  9,              !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  9.8,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,              !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  9.8,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}

```

```

3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA11a,    !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P123,       !- Building Surface Name
  PORTA11b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,            !- Multiplier
  4,            !- Number of Vertices
  5.4,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  5.4,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.6,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.6,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA11b,    !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P102,       !- Building Surface Name
  PORTA11a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,            !- Multiplier
  4,            !- Number of Vertices
  4.6,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  4.6,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  5.4,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  5.4,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA12a,    !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P63,        !- Building Surface Name
  PORTA12b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,            !- Multiplier
  4,            !- Number of Vertices
  6.9,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.9,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.1,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6.1,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

-9;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA12b,    !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P42,        !- Building Surface Name
  PORTA12a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,            !- Multiplier
  4,            !- Number of Vertices
  6.1,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.1,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.9,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6.9,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SURFACEPROPERTY:OTHERSIDECONDITIONSMO
DEL =====
SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel,
  BasementWallOSCM, !- Name
  UndergroundPipingSystemSurface; !- Type of
Modeling

SurfaceProperty:OtherSideConditionsModel,
  BasementFloorOSCM, !- Name
  UndergroundPipingSystemSurface; !- Type of
Modeling

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONEVENTILATION:DESIGNFLOWRATE
=====
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
  VentZona1,      !- Name
  Z1,             !- Zone or ZoneList Name
  InfiltrationSchedule, !- Schedule Name
  AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
  0,              !- Design Flow Rate {m3/s}
  ,              !- Flow Rate per Zone Floor Area
  {m3/s-m2}
  ,              !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
  1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
  Natural,        !- Ventilation Type
  0,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
  1,              !- Fan Total Efficiency
  1,              !- Constant Term Coefficient
  0,              !- Temperature Term Coefficient
  0,              !- Velocity Term Coefficient
  0,              !- Velocity Squared Term
Coefficient
  -100,          !- Minimum Indoor Temperature
  {C}
  ,              !- Minimum Indoor Temperature
  Schedule Name
  100,           !- Maximum Indoor Temperature
  {C}
  ,              !- Maximum Indoor Temperature
  Schedule Name
  -100,          !- Delta Temperature {deltaC}
  ,              !- Delta Temperature Schedule
  Name
  -100,          !- Minimum Outdoor Temperature
  {C}

```

```

,
Schedule Name      !- Minimum Outdoor Temperature
100,
{C}               !- Maximum Outdoor Temperature
,
Schedule Name      !- Maximum Outdoor Temperature
40;              !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona2,        !- Name
Z2,              !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}        !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,         !- Ventilation Type
0,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
0,              !- Temperature Term Coefficient
0,              !- Velocity Term Coefficient
0,              !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,           !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name      !- Minimum Indoor Temperature
100,             !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name      !- Maximum Indoor Temperature
-100,            !- Delta Temperature {deltaC}
,
!- Delta Temperature Schedule
Name
-100,            !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Outdoor Temperature
100,             !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Wind Speed {m/s}
40;

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona3,        !- Name
Z3,              !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}        !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,         !- Ventilation Type
0,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
0,              !- Temperature Term Coefficient
0,              !- Velocity Term Coefficient
0,              !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,           !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
!- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Indoor Temperature
100,             !- Maximum Indoor Temperature
{C}

```

```

,
Schedule Name      !- Maximum Indoor Temperature
-100,             !- Delta Temperature {deltaC}
,
!- Delta Temperature Schedule
Name
-100,            !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Outdoor Temperature
100,             !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Wind Speed {m/s}
40;

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona4,        !- Name
Z4,              !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,
!- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,         !- Ventilation Type
0,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
0,              !- Temperature Term Coefficient
0,              !- Velocity Term Coefficient
0,              !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,           !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
!- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Indoor Temperature
100,             !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
!- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name      !- Delta Temperature {deltaC}
-100,            !- Delta Temperature Schedule
Name
-100,            !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Outdoor Temperature
100,             !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
!- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name      !- Maximum Wind Speed {m/s}
40;

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona5,        !- Name
Z5,              !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,              !- Design Flow Rate {m3/s}
,
!- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,
,              !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,              !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,         !- Ventilation Type
0,              !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,              !- Fan Total Efficiency
1,              !- Constant Term Coefficient
0,              !- Temperature Term Coefficient
0,              !- Velocity Term Coefficient
0,              !- Velocity Squared Term
Coefficient

```



```

-100,          !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,          !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,        !- Delta Temperature {deltaC}
Name
-100,        !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,          !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;          !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona6,   !- Name
Z6,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrationSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}   !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)     !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,       !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,       !- Delta Temperature {deltaC}
Name
-100,       !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;         !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona7,   !- Name
Z7,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrationSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}   !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)     !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}

```

```

1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,       !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,       !- Delta Temperature {deltaC}
Name
-100,       !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,       !- Delta Temperature {deltaC}
Name
-100,       !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;         !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona8,   !- Name
Z8,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrationSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}   !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)     !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,       !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,       !- Delta Temperature {deltaC}
Name
-100,       !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,        !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;         !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona9,   !- Name
Z9,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrationSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}

```

```

,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona10,
Z10,
InfiltrSchedule,
AirChanges/Hour,
Calculation Method
0,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona11,
Z11,
InfiltrSchedule,
AirChanges/Hour,
Calculation Method
0,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentRoof1,
Roof1,
InfiltrSchedule,
AirChanges/Hour,
Calculation Method
0,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,

```

!- Flow Rate per Zone Floor Area
 !- Flow Rate per Person {m3/s-
 !- Air Changes per Hour {1/hr}
 !- Ventilation Type
 !- Fan Pressure Rise {Pa}
 !- Fan Total Efficiency
 !- Constant Term Coefficient
 !- Temperature Term Coefficient
 !- Velocity Term Coefficient
 !- Velocity Squared Term
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Delta Temperature {deltaC}
 !- Delta Temperature Schedule
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Wind Speed {m/s}
 !- Name
 !- Zone or ZoneList Name
 !- Schedule Name
 !- Design Flow Rate
 !- Design Flow Rate {m3/s}
 !- Flow Rate per Zone Floor Area
 !- Flow Rate per Person {m3/s-
 !- Air Changes per Hour {1/hr}
 !- Ventilation Type
 !- Fan Pressure Rise {Pa}
 !- Fan Total Efficiency
 !- Constant Term Coefficient
 !- Temperature Term Coefficient
 !- Velocity Term Coefficient
 !- Velocity Squared Term
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Delta Temperature {deltaC}
 !- Delta Temperature Schedule
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Wind Speed {m/s}
 !- Name
 !- Zone or ZoneList Name
 !- Schedule Name
 !- Design Flow Rate
 !- Design Flow Rate {m3/s}
 !- Flow Rate per Zone Floor Area
 !- Flow Rate per Person {m3/s-
 !- Air Changes per Hour {1/hr}
 !- Ventilation Type
 !- Fan Pressure Rise {Pa}
 !- Fan Total Efficiency
 !- Constant Term Coefficient
 !- Temperature Term Coefficient
 !- Velocity Term Coefficient
 !- Velocity Squared Term
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Minimum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Maximum Indoor Temperature
 !- Delta Temperature {deltaC}
 !- Delta Temperature Schedule
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Minimum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Outdoor Temperature
 !- Maximum Wind Speed {m/s}

```

100,           !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name  !- Maximum Outdoor Temperature
40;           !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentRoof2,    !- Name
Roof2,        !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,           !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,           !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,     !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,       !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,      !- Delta Temperature {deltaC}
,           !- Delta Temperature Schedule
Name
-100,      !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;        !- Maximum Wind Speed {m/s}
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLEDICTIONARY =====
Output:VariableDictionary,
IDF;       !- Key Field
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUTCONTROL:TABLE:STYLE =====
OutputControl:Table:Style,
Comma;    !- Column Separator
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLE =====
Output:Variable,
*,        !- Key Value
Site Outdoor Air Drybulb Temperature, !- Variable
Name
Hourly;   !- Reporting Frequency
Output:Variable,
*,        !- Key Value
Zone Operative Temperature, !- Variable Name
Hourly;   !- Reporting Frequency

```

B.2 Método de Simulação: Detailed Ground Heat Transfer

```

!-Generator IDFEditor 1.48
!-Option SortedOrder

!-NOTE: All comments with '!-' are ignored by the
IDFEditor and are generated automatically.
!- Use '!' comments if they need to be retained
when using the IDFEditor.
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
VERSION =====
! ZoneCoupledGroundHTBasement.idf
! Basic File Description:
! This input file exemplifies the use of the
Site:GroundDomain:Basement
! object to perform the simulation of ground coupled
heat transfer.
! exchangers
! Highlights: Simulates ground coupled heat transfer
with basement zone.
! Simulation Location/Run:
! Location: Denver, CO
! Design Days SummerDesignDay and
WinterDesignDay
! Run Period: Annual simulation
! Run Control: Annual simulation
!
! Building: Idealized approximation of simple residential
building with basement
! Floor Area: 100 m2 per floor
! Number of Stories: 2, one below ground
!
! Zone Description Details:
! Internal gains description: None, disabled as the
feature of this input file
! is the foundation heat exchanger operation, not zone
simulation.
! Interzone Surfaces: The surface separating the main
floor from the basement
! is an unentered interzone surface.
! Internal Mass: None
! People: None
! Lights: None
! Windows: None
! Detached Shading: None
! Daylight: None
! Natural Ventilation: None
! Compact Schedules (preferred): Yes
! Solar Distribution: FullInteriorAndExterior
!
! HVAC: Ideal air system
! Purchased Air: No
! Zonal Equipment: No
! Central Air Handling Equipment: No
! System Equipment Autosize: No
! Purchased Cooling: No
! Purchased Heating: No
! Coils: No
! Pumps: No
! Boilers: No
! Chillers: No
! Towers: No
!
! Results: Standard hourly variables for zone.
! Standard Reports: No
! Timestep or Hourly Variables: Hourly
! Time bins Report: No
! HTML Report: Yes
! Environmental Emissions: No
! Utility Tariffs: No
!***** SIMULATION CONTROLS
*****
Version,
8.6;      !- Version Identifier

```

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SIMULATIONCONTROL =====
SimulationControl,
  No,           !- Do Zone Sizing Calculation
  No,           !- Do System Sizing Calculation
  No,           !- Do Plant Sizing Calculation
  Yes,          !- Run Simulation for Sizing
Periods
  No;           !- Run Simulation for Weather File
Run Periods

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
BUILDING =====
Building,
  Residência Unifamiliar, !- Name
  0,             !- North Axis {deg}
  City,          !- Terrain
  0.01,         !- Loads Convergence Tolerance
Value
  0.1,          !- Temperature Convergence
Tolerance Value {deltaC}
  FullExterior, !- Solar Distribution
  25,           !- Maximum Number of Warmup
Days
  6;           !- Minimum Number of Warmup
Days

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SURFACECONVECTIONALGORITHM:INSIDE
=====
SurfaceConvectionAlgorithm:Inside,
  Simple;       !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SURFACECONVECTIONALGORITHM:OUTSIDE
=====
SurfaceConvectionAlgorithm:Outside,
  SimpleCombined; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
HEATBALANCEALGORITHM =====
HeatBalanceAlgorithm,
  ConductionTransferFunction, !- Algorithm
  200,           !- Surface Temperature Upper
Limit {C}
  0.1,          !- Minimum Surface Convection
Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}
  1000;         !- Maximum Surface Convection
Heat Transfer Coefficient Value {W/m2-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONEAIRHEATBALANCEALGORITHM
ZoneAirHeatBalanceAlgorithm,
  ThirdOrderBackwardDifference; !- Algorithm

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
TIMESTEP =====
Timestep,
  6;           !- Number of Timesteps per Hour

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:LOCATION =====
Site:Location,
  São Paulo,    !- Name
  -23.5,        !- Latitude {deg}
  -46.62,       !- Longitude {deg}
  -3,           !- Time Zone {hr}
  792;         !- Elevation {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SIZINGPERIOD:DESIGNDAY =====
SizingPeriod:DesignDay,
  Verão São Paulo, !- Name
  1,             !- Month
  1,            !- Day of Month
  SummerDesignDay, !- Day Type
  31.9,         !- Maximum Dry-Bulb Temperature
{C}
  9.2,          !- Daily Dry-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature
Range Modifier Type
  ,            !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Day Schedule Name
  WetBulb,     !- Humidity Condition Type
  31.9,        !- Wetbulb or DewPoint at
Maximum Dry-Bulb {C}
  ,            !- Humidity Condition Day Schedule
Name
  ,            !- Humidity Ratio at Maximum Dry-
Bulb {kgWater/kgDryAir}
  ,            !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb
{J/kg}
  ,            !- Daily Wet-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  92043,       !- Barometric Pressure {Pa}
  15.4,        !- Wind Speed {m/s}
  0,           !- Wind Direction {deg}
  No,          !- Rain Indicator
  No,          !- Snow Indicator
  No,          !- Daylight Saving Time Indicator
  ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
  ,            !- Beam Solar Day Schedule Name
  ,            !- Diffuse Solar Day Schedule Name
  ,            !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Beam Irradiance (taub) {dimensionless}
  ,            !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Diffuse Irradiance (taud) {dimensionless}
  0.5;         !- Sky Clearness

SizingPeriod:DesignDay,
  INVERNO São Paulo, !- Name
  7,            !- Month
  1,           !- Day of Month
  WinterDesignDay, !- Day Type
  16.6,        !- Maximum Dry-Bulb Temperature
{C}
  10,          !- Daily Dry-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature
Range Modifier Type
  ,            !- Dry-Bulb Temperature Range
Modifier Day Schedule Name
  WetBulb,     !- Humidity Condition Type
  16.6,        !- Wetbulb or DewPoint at
Maximum Dry-Bulb {C}
  ,            !- Humidity Condition Day Schedule
Name
  ,            !- Humidity Ratio at Maximum Dry-
Bulb {kgWater/kgDryAir}
  ,            !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb
{J/kg}
  ,            !- Daily Wet-Bulb Temperature
Range {deltaC}
  92043,       !- Barometric Pressure {Pa}
  7.7,         !- Wind Speed {m/s}
  180,         !- Wind Direction {deg}
  No,          !- Rain Indicator
  No,          !- Snow Indicator
  No,          !- Daylight Saving Time Indicator
  ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
  ,            !- Beam Solar Day Schedule Name
  ,            !- Diffuse Solar Day Schedule Name
  ,            !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Beam Irradiance (taub) {dimensionless}
  ,            !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth
for Diffuse Irradiance (taud) {dimensionless}
  0.33;        !- Sky Clearness

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
RUNPERIOD =====
RunPeriod,

```

```

Annual Run,      !- Name
1,              !- Begin Month
1,              !- Begin Day of Month
12,             !- End Month
31,             !- End Day of Month
Sunday,         !- Day of Week for Start Day
Yes,           !- Use Weather File Holidays and
Special Days
Yes,           !- Use Weather File Daylight
Saving Period
No,            !- Apply Weekend Holiday Rule
Yes,          !- Use Weather File Rain
Indicators
Yes;          !- Use Weather File Snow
Indicators

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:BUILDINGSURFACE
=====
Site:GroundTemperature:BuildingSurface,
20.5,         !- January Ground Temperature
{C}
21.5,         !- February Ground Temperature
{C}
21.7,         !- March Ground Temperature {C}
21.5,         !- April Ground Temperature {C}
20.1,         !- May Ground Temperature {C}
18.6,         !- June Ground Temperature {C}
17.2,         !- July Ground Temperature {C}
16.2,         !- August Ground Temperature {C}
15.9,         !- September Ground Temperature
{C}
16.5,         !- October Ground Temperature
{C}
17.6,         !- November Ground Temperature
{C}
19.1;        !- December Ground Temperature
{C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDTEMPERATURE:DEEP =====
Site:GroundTemperature:Deep,
19,           !- January Deep Ground
Temperature {C}
19.8,        !- February Deep Ground
Temperature {C}
20.2,        !- March Deep Ground
Temperature {C}
20.3,        !- April Deep Ground Temperature
{C}
20,          !- May Deep Ground Temperature
{C}
19.4,        !- June Deep Ground Temperature
{C}
18.7,        !- July Deep Ground Temperature
{C}
17.9,        !- August Deep Ground
Temperature {C}
17.5,        !- September Deep Ground
Temperature {C}
17.4,        !- October Deep Ground
Temperature {C}
17.3,        !- November Deep Ground
Temperature {C}
18.3;        !- December Deep Ground
Temperature {C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SITE:GROUNDREFLECTANCE =====
Site:GroundReflectance,
0.2,         !- January Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- February Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- March Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- April Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- May Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- June Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- July Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- August Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- September Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- October Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2,         !- November Ground Reflectance
{dimensionless}
0.2;        !- December Ground Reflectance
{dimensionless}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULETYPELIMITS =====
ScheduleTypeLimits,
Fraction,    !- Name
0,           !- Lower Limit Value
1,           !- Upper Limit Value
Continuous,  !- Numeric Type
Dimensionless; !- Unit Type

ScheduleTypeLimits,
Temperature, !- Name
-60,         !- Lower Limit Value
100,         !- Upper Limit Value
Discrete,    !- Numeric Type
Dimensionless; !- Unit Type

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:DAY:HOURLY =====
Schedule:Day:Hourly,
Shading Trasmitance, !- Name
Fraction,           !- Schedule Type Limits Name
0,                 !- Hour 1
0,                 !- Hour 2
0,                 !- Hour 3
0,                 !- Hour 4
0,                 !- Hour 5
0,                 !- Hour 6
0,                 !- Hour 7
0,                 !- Hour 8
0,                 !- Hour 9
0,                 !- Hour 10
0,                 !- Hour 11
0,                 !- Hour 12
0,                 !- Hour 13
0,                 !- Hour 14
0,                 !- Hour 15
0,                 !- Hour 16
0,                 !- Hour 17
0,                 !- Hour 18
0,                 !- Hour 19
0,                 !- Hour 20
0,                 !- Hour 21
0,                 !- Hour 22
0,                 !- Hour 23
0;                 !- Hour 24

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
SCHEDULE:WEEK:DAILY =====
Schedule:Week:Daily,
Shade TransWeek,  !- Name
Shading Trasmitance, !- Sunday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance, !- Monday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance, !- Tuesday Schedule:Day
Name

```

```

Shading Trasmitance,  !- Wednesday
Schedule:Day Name
Shading Trasmitance,  !- Thursday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance,  !- Friday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance,  !- Saturday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance,  !- Holiday Schedule:Day
Name
Shading Trasmitance,  !- SummerDesignDay
Schedule:Day Name
Shading Trasmitance,  !- WinterDesignDay
Schedule:Day Name
Shading Trasmitance,  !- CustomDay1
Schedule:Day Name
Shading Trasmitance;  !- CustomDay2
Schedule:Day Name

```

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
```

```
SCHEDULE:YEAR =====
```

```

Schedule:Year,
Shading Transmittance, !- Name
Fraction,              !- Schedule Type Limits Name
Shade TransWeek,      !- Schedule:Week Name 1
1,                    !- Start Month 1
1,                    !- Start Day 1
12,                   !- End Month 1
31;                   !- End Day 1

```

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
```

```
SCHEDULE:COMPACT =====
```

```

Schedule:Compact,
InfiltrSchedule,      !- Name
Fraction,              !- Schedule Type Limits Name
Through: 12/31,       !- Field 1
For: allDays,         !- Field 2
Until: 24:00,         !- Field 3
1;                    !- Field 4

```

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
```

```
MATERIAL =====
```

```

Material,
Compensado,           !- Name
Smooth,              !- Roughness
0.035,               !- Thickness {m}
0.15,                !- Conductivity {W/m-K}
550,                 !- Density {kg/m3}
2300,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                 !- Thermal Absorptance
0.7,                 !- Solar Absorptance
0.7;                 !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Argamassa Comum,     !- Name
MediumRough,         !- Roughness
0.015,               !- Thickness {m}
1.15,                !- Conductivity {W/m-K}
2100,                !- Density {kg/m3}
1000,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.3,                 !- Thermal Absorptance
0.3,                 !- Solar Absorptance
0.3;                 !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Concreto laje,       !- Name
Rough,               !- Roughness
0.1,                 !- Thickness {m}
1.75,                !- Conductivity {W/m-K}
2400,                !- Density {kg/m3}
1000,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                 !- Thermal Absorptance
0.3,                 !- Solar Absorptance
0.3;                 !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Piso ceramico,      !- Name
VerySmooth,         !- Roughness
0.015,              !- Thickness {m}
1.05,               !- Conductivity {W/m-K}
2000,               !- Density {kg/m3}
920,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.3,                !- Thermal Absorptance
0.3,                !- Solar Absorptance
0.3;                !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Telha cerâmica,     !- Name
Rough,              !- Roughness
0.01,               !- Thickness {m}
1.05,               !- Conductivity {W/m-K}
2000,               !- Density {kg/m3}
920,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                !- Thermal Absorptance
0.3,                !- Solar Absorptance
0.3;                !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Forro,              !- Name
Smooth,             !- Roughness
0.01,               !- Thickness {m}
0.2,                !- Conductivity {W/m-K}
1400,               !- Density {kg/m3}
100,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.9,                !- Thermal Absorptance
0.3,                !- Solar Absorptance
0.3;                !- Visible Absorptance

```

```

Material,
Tijolo 9cm,         !- Name
Rough,              !- Roughness
0.09,               !- Thickness {m}
0.9,                !- Conductivity {W/m-K}
1600,               !- Density {kg/m3}
920,                !- Specific Heat {J/kg-K}
0.95,               !- Thermal Absorptance
0.8,                !- Solar Absorptance
0.8;                !- Visible Absorptance

```

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
```

```
WINDOWMATERIAL:GLAZING =====
```

```

WindowMaterial:Glazing,
REF A CLEAR LO 6MM, !- Name
SpectralAverage,     !- Optical Data Type
,                    !- Window Glass Spectral Data Set
Name
0.006,              !- Thickness {m}
0.066,              !- Solar Transmittance at Normal
Incidence
0.341,              !- Front Side Solar Reflectance at
Normal Incidence
0.493,              !- Back Side Solar Reflectance at
Normal Incidence
0.080,              !- Visible Transmittance at Normal
Incidence
0.410,              !- Front Side Visible Reflectance
at Normal Incidence
0.370,              !- Back Side Visible Reflectance
at Normal Incidence
0.0,                !- Infrared Transmittance at Normal
Incidence
0.84,               !- Front Side Infrared
Hemispherical Emissivity
0.40,               !- Back Side Infrared
Hemispherical Emissivity
0.9;                !- Conductivity {W/m-K}

```

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
```

```
CONSTRUCTION =====
```

```
!***** ABOVE-GROUND
MATERIALS/CONSTRUCTIONS *****
```

! ASHRAE 1145-RP Wall Assembly 2
! 2"x6" wood studs at 24" on center with between-stud
R19 fibreglass insulation.

! Layers are 1/2" wood siding, 1/2" plywood, 2x6 wood
studs and R19 insulation, 1/2" gypsum board.

! Area-average R-Value = 17.487 ft²-F-h/Btu (3.078
m²-K/W).

! Total wall thickness = 7.00in (0.178m)

! Material layer names follow:

Construction,

Main Floor Wall Construction, !- Name
Argamassa Comum, !- Outside Layer
Tijolo 9cm, !- Layer 2
Argamassa Comum; !- Layer 3

Construction,

Basement Floor Construction, !- Name
Concreto laje, !- Outside Layer
Argamassa Comum, !- Layer 2
Piso ceramico; !- Layer 3

Construction,

Basement Wall Construction, !- Name
Argamassa Comum, !- Outside Layer
Tijolo 9cm, !- Layer 2
Argamassa Comum; !- Layer 3

!*****

!***** ROOF MATERIALS/CONSTRUCTIONS

Construction,

Roof Construction, !- Name
Telha cerâmica; !- Outside Layer

!*****

!***** BASEMENT CEILING

MATLS/CONSTRUCTIONS *****

Construction,

Floor/Ceiling Construction Basement, !- Name
Forro, !- Outside Layer
Concreto laje, !- Layer 2
Argamassa Comum, !- Layer 3
Piso ceramico; !- Layer 4

Construction,

Janela, !- Name
REF A CLEAR LO 6MM; !- Outside Layer

Construction,

Porta, !- Name
Compensado; !- Outside Layer

Construction,

Ceiling/Atic Construction, !- Name
Argamassa Comum, !- Outside Layer
Concreto laje, !- Layer 2
Forro; !- Layer 3

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:

GLOBALGEOMETRYRULES =====

GlobalGeometryRules,

UpperLeftCorner, !- Starting Vertex Position
CounterClockWise, !- Vertex Entry Direction
Relative; !- Coordinate System

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: ZONE

=====

!*****

!***** BASEMENT ZONE SPECIFICATION

Zone,

Z1, !- Name
0, !- Direction of Relative North {deg}
0, !- X Origin {m}
0, !- Y Origin {m}
0, !- Z Origin {m}

, !- Type

, !- Multiplier

autocalculate, !- Ceiling Height {m}

autocalculate, !- Volume {m3}

autocalculate, !- Floor Area {m2}

Simple, !- Zone Inside Convection

Algorithm

SimpleCombined, !- Zone Outside Convection

Algorithm

Yes; !- Part of Total Floor Area

!*****

!***** ABOVE GROUND ZONE SPECIFICATION

Zone,

Z2, !- Name

0, !- Direction of Relative North {deg}

0, !- X Origin {m}

0, !- Y Origin {m}

0, !- Z Origin {m}

, !- Type

, !- Multiplier

autocalculate, !- Ceiling Height {m}

autocalculate, !- Volume {m3}

autocalculate, !- Floor Area {m2}

Simple, !- Zone Inside Convection

Algorithm

SimpleCombined, !- Zone Outside Convection

Algorithm

Yes; !- Part of Total Floor Area

Zone,

Z3, !- Name

0, !- Direction of Relative North {deg}

0, !- X Origin {m}

0, !- Y Origin {m}

0, !- Z Origin {m}

, !- Type

, !- Multiplier

autocalculate, !- Ceiling Height {m}

autocalculate, !- Volume {m3}

autocalculate, !- Floor Area {m2}

Simple, !- Zone Inside Convection

Algorithm

SimpleCombined, !- Zone Outside Convection

Algorithm

Yes; !- Part of Total Floor Area

Zone,

Z4, !- Name

0, !- Direction of Relative North {deg}

0, !- X Origin {m}

0, !- Y Origin {m}

0, !- Z Origin {m}

, !- Type

, !- Multiplier

autocalculate, !- Ceiling Height {m}

autocalculate, !- Volume {m3}

autocalculate, !- Floor Area {m2}

Simple, !- Zone Inside Convection

Algorithm

SimpleCombined, !- Zone Outside Convection

Algorithm

Yes; !- Part of Total Floor Area

Zone,

Z5, !- Name

0, !- Direction of Relative North {deg}

0, !- X Origin {m}

0, !- Y Origin {m}

0, !- Z Origin {m}

, !- Type

, !- Multiplier

autocalculate, !- Ceiling Height {m}

autocalculate, !- Volume {m3}

autocalculate, !- Floor Area {m2}

Simple, !- Zone Inside Convection

Algorithm

```

SimpleCombined,      !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z6,                !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z7,                !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z8,                !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z9,                !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z10,               !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Z11,               !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Roof1,            !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

Zone,
Roof2,            !- Name
0,                !- Direction of Relative North {deg}
0,                !- X Origin {m}
0,                !- Y Origin {m}
0,                !- Z Origin {m}
,                !- Type
,                !- Multiplier
autocalculate,    !- Ceiling Height {m}
autocalculate,    !- Volume {m3}
autocalculate,    !- Floor Area {m2}
Simple,          !- Zone Inside Convection
Algorithm
SimpleCombined,    !- Zone Outside Convection
Algorithm
Yes;                !- Part of Total Floor Area

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
BUILDINGSURFACE:DETAILED =====
BuildingSurface:Detailed,
P11,              !- Name
Wall,             !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,               !- Zone Name
Outdoors,        !- Outside Boundary Condition
,                !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure

```



```

autocalculate,      !- View Factor to Ground
4,                  !- Number of Vertices
0,                  !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.0,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                 !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                 !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                  !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P12,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,                  !- Zone Name
Surface,              !- Outside Boundary Condition
P45,                  !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,                !- Sun Exposure
NoWind,                !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices
3,                    !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                  !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P13,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,                  !- Zone Name
Surface,              !- Outside Boundary Condition
P24,                  !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,                !- Sun Exposure
NoWind,                !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices
3,                    !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                  !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P14,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,                  !- Zone Name
Outdoors,            !- Outside Boundary Condition
,                      !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed,           !- Sun Exposure
WindExposed,          !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices
3,                    !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                  !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,                    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,                    !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P15,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,                  !- Zone Name
Outdoors,            !- Outside Boundary Condition
,                      !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed,           !- Sun Exposure
WindExposed,          !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices
0,                    !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                  !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,                    !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,                  !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,                    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,                    !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P21,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,                  !- Zone Name
Surface,              !- Outside Boundary Condition
P44,                  !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,                !- Sun Exposure
NoWind,                !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices
3,                    !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,                  !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                    !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,                    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,                   !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,                    !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,                  !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;                  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P22,                !- Name
Wall,                !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,                  !- Zone Name
Surface,              !- Outside Boundary Condition
P34,                  !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,                !- Sun Exposure
NoWind,                !- Wind Exposure
autocalculate,        !- View Factor to Ground
4,                    !- Number of Vertices

```

```

7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P23,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,        !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P24,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,        !- Zone Name
Surface,   !- Outside Boundary Condition
P13,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P31,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,        !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P32,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,        !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
10,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P33,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,        !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
10,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-7,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P34,       !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,        !- Zone Name
Surface,   !- Outside Boundary Condition
P22,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}

```

```

0.0,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P35,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P43,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P41,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P53,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P42,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P63,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}

4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P43,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P35,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P44,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P21,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P45,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P12,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}

```

```

4.5,      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P51,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,      !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P52,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,      !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P64,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P53,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,      !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P41,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}

-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
-7,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P54,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,      !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P61,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,      !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0.0;    !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P62,     !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,      !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}

```



```

0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,             !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;              !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P75,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z7,             !- Zone Name
Outdoors,      !- Outside Boundary Condition
,              !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,    !- Sun Exposure
WindExposed,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
0,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P81,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z8,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P104,          !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,         !- Sun Exposure
NoWind,        !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
3,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P82,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z8,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P94,          !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,         !- Sun Exposure
NoWind,        !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
7,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P83,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z8,             !- Zone Name
Outdoors,      !- Outside Boundary Condition
,              !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,    !- Sun Exposure
WindExposed,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
7,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P84,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z8,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P73,          !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,         !- Sun Exposure
NoWind,        !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
3,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P91,             !- Name
Wall,           !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z9,             !- Zone Name
Outdoors,      !- Outside Boundary Condition
,              !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,    !- Sun Exposure
WindExposed,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,            !- Number of Vertices
7,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}

```

```

3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P92,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z9,         !- Zone Name
Outdoors,   !- Outside Boundary Condition
,           !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
10,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P93,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z9,         !- Zone Name
Outdoors,   !- Outside Boundary Condition
,           !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
10,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P94,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z9,         !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P82,        !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P95,        !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z9,         !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P103,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P101,       !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z10,        !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P113,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P102,       !- Name
Wall,       !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Z10,        !- Zone Name
Surface,    !- Outside Boundary Condition
P123,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,      !- Sun Exposure
NoWind,     !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
4.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```

BuildingSurface:Detailed,
 P103, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P95, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P104, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P81, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P105, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z10, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P72, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P111, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Outdoors, !- Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition

Object
 SunExposed, !- Sun Exposure
 WindExposed, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 3, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P112, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P124, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 P113, !- Name
 Wall, !- Surface Type
 Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
 Z11, !- Zone Name
 Surface, !- Outside Boundary Condition
 P101, !- Outside Boundary Condition

Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,

Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z2, !- Zone Name
 GroundBasementPreprocessorAverageFloor, !-
 Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF3, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z3, !- Zone Name
 GroundBasementPreprocessorAverageFloor, !-
 Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 10, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 10, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF4, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z4, !- Zone Name
 GroundBasementPreprocessorAverageFloor, !-
 Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF5, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z5, !- Zone Name
 GroundBasementPreprocessorAverageFloor, !-
 Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 4.5, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 BF6, !- Name
 Floor, !- Surface Type
 Basement Floor Construction, !- Construction Name
 Z6, !- Zone Name
 GroundBasementPreprocessorAverageFloor, !-
 Outside Boundary Condition
 , !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 7, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 7, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 4.5, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
 -3, !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
 C1, !- Name
 Ceiling, !- Surface Type
 Floor/Ceiling Construction Basement, !-
 Construction Name
 Z1, !- Zone Name
 Zone, !- Outside Boundary Condition
 Z7, !- Outside Boundary Condition
 Object
 NoSun, !- Sun Exposure
 NoWind, !- Wind Exposure
 autocalculate, !- View Factor to Ground
 4, !- Number of Vertices
 0, !- Vertex 1 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 X-coordinate {m}
 3, !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
 0, !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
 3, !- Vertex 4 X-coordinate {m}
 7.5, !- Vertex 4 Y-coordinate {m}

```

0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}
BuildingSurface:Detailed,
C2,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Floor/Ceiling Construction Basement, !-
Construction Name
Z2,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Z8,                !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
3,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,                !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C3,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Floor/Ceiling Construction Basement, !-
Construction Name
Z3,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Z9,                !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
7,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,               !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,               !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C4,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Floor/Ceiling Construction Basement, !-
Construction Name
Z4,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Z10,               !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
3,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,                !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

0;                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C5,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Floor/Ceiling Construction Basement, !-
Construction Name
Z5,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Z11,              !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
3,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
0;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C7,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Ceiling/Attic Construction, !- Construction Name
Z7,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Roof1,            !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
0,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;                !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C8,                !- Name
Ceiling,           !- Surface Type
Ceiling/Attic Construction, !- Construction Name
Z8,                !- Zone Name
Zone,              !- Outside Boundary Condition
Roof1,            !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,             !- Sun Exposure
NoWind,            !- Wind Exposure
autocalculate,    !- View Factor to Ground
4,                !- Number of Vertices
3,                !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,                !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,              !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,                !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

```

```

7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C9,        !- Name
Ceiling,   !- Surface Type
Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
Z9,        !- Zone Name
Zone,      !- Outside Boundary Condition
Roof1,     !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C10,      !- Name
Ceiling,  !- Surface Type
Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
Z10,     !- Zone Name
Zone,    !- Outside Boundary Condition
Roof1,   !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C11,      !- Name
Ceiling,  !- Surface Type
Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
Z11,     !- Zone Name
Zone,    !- Outside Boundary Condition
Roof2,   !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}

3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
C12,      !- Name
Ceiling,  !- Surface Type
Ceiling/Atic Construction, !- Construction Name
Z6,       !- Zone Name
Zone,    !- Outside Boundary Condition
Roof2,   !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
4.5,      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P11b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,       !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,         !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
0,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.0,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P12b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P45b,    !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}

```

```

4.5,      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P13b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,      !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P24b,    !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
3,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P14b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,      !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
3,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P15b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z1,      !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
0,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

0,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

0,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P21b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,      !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P44b,    !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
3,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P22b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,      !- Zone Name
Surface, !- Outside Boundary Condition
P34b,    !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
7,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P23b,    !- Name
Wall,    !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,      !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,        !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,   !- Sun Exposure
NoWind,  !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,       !- Number of Vertices
7,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,    !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

```

```

3,                !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,             !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;            !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P24b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z2,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P13b,           !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
3,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,             !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P31b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,             !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,               !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
7,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,             !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P32b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,             !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,               !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
10,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P33b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,             !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,               !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
10,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P34b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P22b,           !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
7,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,             !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P35b,           !- Name
Wall,           !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z3,             !- Zone Name
Surface,        !- Outside Boundary Condition
P43b,           !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,          !- Sun Exposure
NoWind,         !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,              !- Number of Vertices
7,              !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

```

```

-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P41b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P53b,    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P42b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P63b,    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P43b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P35b,    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P44b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P21b,    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P45b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z4,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P12b,    !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P51b,      !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,       !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,         !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

```

```

4.5,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P52b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P64b,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P53b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P41b,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P54b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z5,       !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,         !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

4.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P61b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,       !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,         !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
4.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P62b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,       !- Zone Name
GroundBasementPreprocessorAverageWall, !-
Outside Boundary Condition
,         !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P63b,     !- Name
Wall,     !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,       !- Zone Name
Surface,  !- Outside Boundary Condition
P42b,     !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,    !- Sun Exposure
NoWind,   !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,        !- Number of Vertices
7,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}

```



```

-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
P64b,      !- Name
Wall,      !- Surface Type
Basement Wall Construction, !- Construction Name
Z6,        !- Zone Name
Surface,   !- Outside Boundary Condition
P52b,     !- Outside Boundary Condition

Object
NoSun,     !- Sun Exposure
NoWind,    !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
4.5,      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.7,     !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.5,    !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,   !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.7;  !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR1,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,       !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
0,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
4.5;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR2,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,       !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,         !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
4.5;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR3,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,       !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
3,         !- Number of Vertices
0,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
4.5;     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR4,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,       !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
3,         !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3;       !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR5,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition
,       !- Outside Boundary Condition

Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
3,         !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
4.5;     !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR6,    !- Name
Wall,   !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,  !- Zone Name
Outdoors, !- Outside Boundary Condition

```

```

,
!- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,      !- Sun Exposure
WindExposed,     !- Wind Exposure
autocalculate,  !- View Factor to Ground
3,               !- Number of Vertices
10,             !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,              !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,             !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,           !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3;           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
PR7,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,       !- Zone Name
Zone,        !- Outside Boundary Condition
Roof2,       !- Outside Boundary Condition
Object
NoSun,       !- Sun Exposure
NoWind,      !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
4.5;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B1,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,       !- Zone Name
Outdoors,    !- Outside Boundary Condition
,            !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,  !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
2.5,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B2,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,       !- Zone Name
Outdoors,    !- Outside Boundary Condition
,            !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,  !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
B3,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,       !- Zone Name
Outdoors,    !- Outside Boundary Condition
,            !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,  !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
-5,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
-5,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B4,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,       !- Zone Name
Outdoors,    !- Outside Boundary Condition
,            !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,  !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
0,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
8,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
8,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B5,          !- Name
Wall,        !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,       !- Zone Name
Outdoors,    !- Outside Boundary Condition
,            !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed,  !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
autocalculate, !- View Factor to Ground
!- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
!- Number of Vertices
0,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
!- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
!- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
!- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
!- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
!- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
!- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
!- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
!- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
!- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
!- Vertex 4 X-coordinate {m}
8,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
!- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}
!- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```

```

4,          !- Number of Vertices
10,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B6,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
2.5,      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
2.5,      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B7,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
7,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
B8,        !- Name
Wall,      !- Surface Type
Main Floor Wall Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
R1,        !- Name
Roof,      !- Surface Type
Roof Construction, !- Construction Name
Roof1,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
-5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
-5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
10.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
4.5,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
10.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
8,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
3;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

BuildingSurface:Detailed,
R2,        !- Name
Roof,      !- Surface Type
Roof Construction, !- Construction Name
Roof2,     !- Zone Name
Outdoors,  !- Outside Boundary Condition
,          !- Outside Boundary Condition
Object
SunExposed, !- Sun Exposure
WindExposed, !- Wind Exposure
autocalculate, !- View Factor to Ground
4,          !- Number of Vertices
2.5,     !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
4,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
-5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
-5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
4;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
FENESTRATIONSURFACE:DETAILED
=====
FenestrationSurface:Detailed,
JANELA11,  !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P14,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,             !- Shading Control Name
,             !- Frame and Divider Name

```

```

1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
2.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA12,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P11,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
0.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
0.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA21,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P23,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
5.2,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
5.2,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3.2,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.2,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA31,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P33,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
9.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
9.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA51,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P51,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
3.25,      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3.25,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 3 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-6,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.25,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
0,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA71,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P74,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices
2.5,       !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
2.5,       !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
0.5,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
0.5,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,       !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
JANELA81,   !- Name
Window,    !- Surface Type
Janela,    !- Construction Name
P83,       !- Building Surface Name
,          !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,            !- Shading Control Name
,            !- Frame and Divider Name
,            !- Multiplier
1,          !- Multiplier
4,          !- Number of Vertices

```

```

5.2,      !- Vertex 1 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
5.2,      !- Vertex 2 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
1,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3.2,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
1,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.2,      !- Vertex 4 X-coordinate {m}
7.5,      !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;      !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  JANELA91,      !- Name
  Window,        !- Surface Type
  Janela,        !- Construction Name
  P93,           !- Building Surface Name
  ,              !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  9.5,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  9.5,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  7.5,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  JANELA111,     !- Name
  Window,        !- Surface Type
  Janela,        !- Construction Name
  P111,          !- Building Surface Name
  ,              !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  3.25,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  0,             !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.25,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.25,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.25,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  JANELA121,     !- Name
  Window,        !- Surface Type
  Janela,        !- Construction Name
  P121,          !- Building Surface Name
  ,              !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  5.25,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,          !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  5.25,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.25,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  1,            !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6.25,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  0,            !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA1a,       !- Name
  Door,          !- Surface Type
  Porta,         !- Construction Name
  P12b,         !- Building Surface Name
  PORTA1b,      !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  3,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.2,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.2,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.9,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.9,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA1b,       !- Name
  Door,          !- Surface Type
  Porta,         !- Construction Name
  P45b,         !- Building Surface Name
  PORTA1a,      !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  3,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.9,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -9,           !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.9,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.2,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  -3,           !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.2,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  -9;           !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA2a,       !- Name
  Door,          !- Surface Type
  Porta,         !- Construction Name
  P44b,         !- Building Surface Name
  PORTA2b,      !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,              !- Shading Control Name
  ,              !- Frame and Divider Name
  1,             !- Multiplier
  4,             !- Number of Vertices
  6.8,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}

```

```

-.9,      !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
6.8,     !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6,       !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6,       !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA2b,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P21b,    !- Building Surface Name
PORTA2a, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
6,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
6,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6.8,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6.8,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
4.5,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA3a,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P43b,    !- Building Surface Name
PORTA3b, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
7,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.2,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.2,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA3b,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P35b,    !- Building Surface Name
PORTA3a, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
7,            !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,            !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.9,         !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

7,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3.9,     !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.2,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,      !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.2,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA4a,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P53b,    !- Building Surface Name
PORTA4b, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
4.3,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
4.3,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3.6,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.6,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA4b,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P41b,    !- Building Surface Name
PORTA4a, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
3.6,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3.6,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
4.3,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
4.3,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;         !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
PORTA5a,  !- Name
Door,    !- Surface Type
Porta,   !- Construction Name
P72,     !- Building Surface Name
PORTA5b, !- Outside Boundary Condition
Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
3,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3.2,         !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}

```

```

3.2,      !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
0,        !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3.9,     !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3.9,     !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA5b,  !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P105,    !- Building Surface Name
  PORTA5a, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3,           !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3,           !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3.9,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3.2,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA6a,  !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P104,    !- Building Surface Name
  PORTA6b, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6.8,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA6b,  !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P81,     !- Building Surface Name
  PORTA6a, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  4.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}

0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6.8,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
4.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
6.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA8a,  !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P82,     !- Building Surface Name
  PORTA8b, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  5.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  5.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  6.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  6.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA8b,  !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P94,     !- Building Surface Name
  PORTA8a, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  7,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  6.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  6.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  5.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  7,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  5.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA10a, !- Name
  Door,    !- Surface Type
  Porta,   !- Construction Name
  P113,   !- Building Surface Name
  PORTA10b, !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  4.3,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}

```

```

3.6,      !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
0,        !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
3.6,     !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
2.1;     !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA10b,    !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P101,       !- Building Surface Name
  PORTA10a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  3.6,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  3.6,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.3,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA7,     !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P83,        !- Building Surface Name
  ,           !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6.8,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  7.5,        !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.8,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  7.5,        !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  7.5,        !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6,          !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  7.5,        !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA9,     !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P91,        !- Building Surface Name
  ,           !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  9,          !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  9,          !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  9.8,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  9.8,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA11a,   !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P123,       !- Building Surface Name
  PORTA11b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  5.4,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  5.4,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  4.6,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  4.6,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA11b,   !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P102,       !- Building Surface Name
  PORTA11a,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  4.6,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  2.1,        !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  4.6,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  5.4,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  5.4,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  2.1;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA12a,   !- Name
  Door,       !- Surface Type
  Porta,      !- Construction Name
  P63,        !- Building Surface Name
  PORTA12b,   !- Outside Boundary Condition
Object
  autocalculate, !- View Factor to Ground
  ,             !- Shading Control Name
  ,             !- Frame and Divider Name
  1,           !- Multiplier
  4,           !- Number of Vertices
  6.9,        !- Vertex 1 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
  -0.9,       !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
  6.9,        !- Vertex 2 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
  -3,         !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
  6.1,        !- Vertex 3 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
  6.1,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
  3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
  0,          !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

```



```

-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6.1,        !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,          !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;       !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

FenestrationSurface:Detailed,
  PORTA12b,  !- Name
  Door,     !- Surface Type
  Porta,    !- Construction Name
  P42,      !- Building Surface Name
  PORTA12a, !- Outside Boundary Condition

Object
autocalculate, !- View Factor to Ground
,              !- Shading Control Name
,              !- Frame and Divider Name
1,            !- Multiplier
4,            !- Number of Vertices
6.1,         !- Vertex 1 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 1 Y-coordinate {m}
-.9,         !- Vertex 1 Z-coordinate {m}
6.1,         !- Vertex 2 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 2 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 2 Z-coordinate {m}
6.9,         !- Vertex 3 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 3 Y-coordinate {m}
-3,          !- Vertex 3 Z-coordinate {m}
6.9,         !- Vertex 4 X-coordinate {m}
3,           !- Vertex 4 Y-coordinate {m}
-.9;        !- Vertex 4 Z-coordinate {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:CONTROL =====
GroundHeatTransfer:Control,
  Basement, !- Name
  Yes,      !- Run Basement Preprocessor
  No;       !- Run Slab Preprocessor

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:SIMPARAM
ETERS =====
GroundHeatTransfer:Basement:SimParameters,
  0.1,      !- F: Multiplier for the ADI solution
  15;       !- IYRS: Maximum number of
yearly iterations:

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:MATLPROP
S =====
GroundHeatTransfer:Basement:MatlProps,
  6,        !- NMAT: Number of materials in
this domain
  2400,     !- Density for Foundation Wall
{kg/m3}
  2400,     !- density for Floor Slab {kg/m3}
  311,      !- density for Ceiling {kg/m3}
  2000,     !- density for Soil {kg/m3}
  2000,     !- density for Gravel {kg/m3}
  449,      !- density for Wood {kg/m3}
  1000,     !- Specific heat for foundation wall
{J/kg-K}
  1000,     !- Specific heat for floor slab {J/kg-
K}
  1530,     !- Specific heat for ceiling {J/kg-K}
  1550,     !- Specific heat for soil {J/kg-K}
  720,      !- Specific heat for gravel {J/kg-K}
  1530,     !- Specific heat for wood {J/kg-K}
  1.75,     !- Thermal conductivity for
foundation wall {W/m-K}
  1.75,     !- Thermal conductivity for floor
slab {W/m-K}
  0.09,     !- Thermal conductivity for ceiling
{W/m-K}
  1.58,     !- thermal conductivity for soil
{W/m-K}
  1.9,      !- thermal conductivity for gravel
{W/m-K}

0.12;      !- thermal conductivity for wood
{W/m-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:INSULATIO
N =====
GroundHeatTransfer:Basement:Insulation,
  1.67,     !- REXT: R Value of any exterior
insulation {m2-K/W}
  TRUE;     !- INSFULL: Flag: Is the wall fully
insulated?

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:SURFACEP
ROPS =====
GroundHeatTransfer:Basement:SurfaceProps,
  0.17,     !- ALBEDO: Surface albedo for No
snow conditions
  0.4,      !- ALBEDO: Surface albedo for
snow conditions
  0.94,     !- EPSLN: Surface emissivity No
Snow
  0.86,     !- EPSLN: Surface emissivity with
Snow
  5,        !- VEGHT: Surface roughness No
snow conditions {cm}
  5,        !- VEGHT: Surface roughness
Snow conditions {cm}
  TRUE;     !- PET: Flag, Potential
evapotranspiration on?

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:BLDGDATA
=====
GroundHeatTransfer:Basement:BldgData,
  0.2,      !- DWALL: Wall thickness {m}
  0.1,      !- DSLAB: Floor slab thickness {m}
  0.3,      !- DGRAVXY: Width of gravel pit
beside basement wall {m}
  0.3,      !- DGRAVZN: Gravel depth
extending above the floor slab {m}
  0.3;     !- DGRAVZP: Gravel depth below
the floor slab {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:INTERIOR
=====
GroundHeatTransfer:Basement:Interior,
  FALSE,    !- COND: Flag: Is the basement
conditioned?
  0.92,     !- HIN: Downward convection only
heat transfer coefficient {W/m2-K}
  4.04,     !- HIN: Upward convection only
heat transfer coefficient {W/m2-K}
  3.08,     !- HIN: Horizontal convection only
heat transfer coefficient {W/m2-K}
  6.13,     !- HIN: Downward combined
(convection and radiation) heat transfer coefficient
{W/m2-K}
  9.26,     !- HIN: Upward combined
(convection and radiation) heat transfer coefficient
{W/m2-K}
  8.29;     !- HIN: Horizontal combined
(convection and radiation) heat transfer coefficient
{W/m2-K}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:COMBLDG
=====
GroundHeatTransfer:Basement:ComBldg,
  24.04,    !- January average temperature
{C}
  24.04,    !- February average temperature
{C}
  24.04,    !- March average temperature {C}
  15.92,    !- April average temperature {C}

```

```

15.92,      !- May average temperature {C}
15.92,      !- June average temperature {C}
15.92,      !- July average temperature {C}
15.92,      !- August average temperature
{C}
15.92,      !- September average
temperature {C}
24.04,      !- October average temperature
{C}
24.04,      !- November average temperature
{C}
24.04;      !- December average temperature
{C}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:EQUIVSLAB
=====
GroundHeatTransfer:Basement:EquivSlab,
1.629,      !- APRatio: The area to perimeter
ratio for this slab {m}
TRUE;       !- EquivSizing: Flag

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
GROUNDHEATTRANSFER:BASEMENT:EQUIVAUT
OGRID =====
GroundHeatTransfer:Basement:EquivAutoGrid,
15,         !- CLEARANCE: Distance from
outside of wall to edge of 3-D ground domain {m}
0.1,       !- SlabDepth: Thickness of the floor
slab {m}
2.3;       !- BaseDepth: Depth of the
basement wall below grade {m}

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
ZONEVENTILATION:DESIGNFLOWRATE
=====
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona1,  !- Name
Z1,         !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,          !- Design Flow Rate {m3/s}
,           !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,           !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,      !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,     !- Delta Temperature {deltaC}
,           !- Delta Temperature Schedule
Name
-100,     !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;        !- Maximum Wind Speed {m/s}

```

```

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona2,  !- Name
Z2,         !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,          !- Design Flow Rate {m3/s}
,           !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,           !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,      !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,     !- Delta Temperature {deltaC}
,           !- Delta Temperature Schedule
Name
-100,     !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Outdoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Outdoor Temperature
Schedule Name
40;        !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona3,  !- Name
Z3,         !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,          !- Design Flow Rate {m3/s}
,           !- Flow Rate per Zone Floor Area
{m3/s-m2}
,           !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,          !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,    !- Ventilation Type
0,          !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,          !- Fan Total Efficiency
1,          !- Constant Term Coefficient
0,          !- Temperature Term Coefficient
0,          !- Velocity Term Coefficient
0,          !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,      !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,           !- Minimum Indoor Temperature
Schedule Name
100,       !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,           !- Maximum Indoor Temperature
Schedule Name
-100,     !- Delta Temperature {deltaC}
,           !- Delta Temperature Schedule
Name
-100,     !- Minimum Outdoor Temperature
{C}

```



```

-100,           !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,           !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,         !- Delta Temperature {deltaC}
,
Name
-100,         !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,           !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;           !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona8,     !- Name
Z8,           !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}    !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)      !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,           !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,     !- Ventilation Type
0,           !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,           !- Fan Total Efficiency
1,           !- Constant Term Coefficient
0,           !- Temperature Term Coefficient
0,           !- Velocity Term Coefficient
0,           !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,        !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,         !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,        !- Delta Temperature {deltaC}
,
Name
-100,        !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,         !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;          !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona9,     !- Name
Z9,           !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}    !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)      !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,           !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,     !- Ventilation Type
0,           !- Fan Pressure Rise {Pa}

```

```

1,           !- Fan Total Efficiency
1,           !- Constant Term Coefficient
0,           !- Temperature Term Coefficient
0,           !- Velocity Term Coefficient
0,           !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,        !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,         !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,        !- Delta Temperature {deltaC}
,
Name
-100,        !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,         !- Maximum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,        !- Delta Temperature {deltaC}
,
Name
-100,        !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;          !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona10,    !- Name
Z10,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}
,
{m3/s-m2}    !- Flow Rate per Zone Floor Area
,
person)      !- Flow Rate per Person {m3/s-
person}
1,           !- Air Changes per Hour {1/hr}
Natural,     !- Ventilation Type
0,           !- Fan Pressure Rise {Pa}
1,           !- Fan Total Efficiency
1,           !- Constant Term Coefficient
0,           !- Temperature Term Coefficient
0,           !- Velocity Term Coefficient
0,           !- Velocity Squared Term
Coefficient
-100,        !- Minimum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
100,         !- Maximum Indoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
-100,        !- Delta Temperature {deltaC}
,
Name
-100,        !- Minimum Outdoor Temperature
{C}
,
Schedule Name
40;          !- Maximum Wind Speed {m/s}

ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentZona11,    !- Name
Z11,          !- Zone or ZoneList Name
InfiltrSchedule, !- Schedule Name
AirChanges/Hour, !- Design Flow Rate
Calculation Method
0,           !- Design Flow Rate {m3/s}

```

```

,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentRoof1,
Roof1,
InfiltrSchedule,
AirChanges/Hour,
Calculation Method
0,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
ZoneVentilation:DesignFlowRate,
VentRoof2,
Roof2,
InfiltrSchedule,
AirChanges/Hour,
Calculation Method
0,
{m3/s-m2}
,
person}
1,
Natural,
0,
1,
1,
0,
0,
0,
Coefficient
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
-100,
Name
-100,
{C}
,
Schedule Name
100,
{C}
,
Schedule Name
40;
!- Flow Rate per Zone Floor Area
!- Flow Rate per Person {m3/s-
!- Air Changes per Hour {1/hr}
!- Ventilation Type
!- Fan Pressure Rise {Pa}
!- Fan Total Efficiency
!- Constant Term Coefficient
!- Temperature Term Coefficient
!- Velocity Term Coefficient
!- Velocity Squared Term
!- Minimum Indoor Temperature
!- Minimum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Delta Temperature {deltaC}
!- Delta Temperature Schedule
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Wind Speed {m/s}
!- Name
!- Zone or ZoneList Name
!- Schedule Name
!- Design Flow Rate
!- Design Flow Rate {m3/s}
!- Flow Rate per Zone Floor Area
!- Flow Rate per Person {m3/s-
!- Air Changes per Hour {1/hr}
!- Ventilation Type
!- Fan Pressure Rise {Pa}
!- Fan Total Efficiency
!- Constant Term Coefficient
!- Temperature Term Coefficient
!- Velocity Term Coefficient
!- Velocity Squared Term
!- Minimum Indoor Temperature
!- Minimum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Delta Temperature {deltaC}
!- Delta Temperature Schedule
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Wind Speed {m/s}
!- Name
!- Zone or ZoneList Name
!- Schedule Name
!- Design Flow Rate
!- Design Flow Rate {m3/s}
!- Flow Rate per Zone Floor Area
!- Flow Rate per Person {m3/s-
!- Air Changes per Hour {1/hr}
!- Ventilation Type
!- Fan Pressure Rise {Pa}
!- Fan Total Efficiency
!- Constant Term Coefficient
!- Temperature Term Coefficient
!- Velocity Term Coefficient
!- Velocity Squared Term
!- Minimum Indoor Temperature
!- Minimum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Delta Temperature {deltaC}
!- Delta Temperature Schedule
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Maximum Indoor Temperature
!- Delta Temperature {deltaC}
!- Delta Temperature Schedule
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Minimum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Outdoor Temperature
!- Maximum Wind Speed {m/s}
!- Name
!- Key Field
!- Column Separator
!- Key Value
!- Variable Name
!- Reporting Frequency
!- Key Value
!- Variable Name
!- Reporting Frequency
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLEDICTIONARY =====
Output:VariableDictionary,
IDF;
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUTCONTROL:TABLE:STYLE =====
OutputControl:Table:Style,
Comma;
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS:
OUTPUT:VARIABLE =====
Output:Variable,
*,
Site Outdoor Air Drybulb Temperature,
Name
Hourly;
Output:Variable,
*,
Zone Operative Temperature,
Hourly;

```

