

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JENIFER KUNSLER

**PREVISÃO DO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS EM PAREDES DE
CONCRETO NAS OITO ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRA.**

**São Leopoldo
2022**

JENIFER KUNSLER

**PREVISÃO DO DESENVOLVIMENTO DE FUNGOS EM PAREDES DE
CONCRETO NAS OITO ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, pelo Curso de
Engenharia Civil da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador: Prof. Dr. Eng. Civil Roberto Christ

São Leopoldo

2022

RESUMO

O desenvolvimento de fungos nas paredes internas das edificações é uma manifestação patológica que além de apresentar desconforto estético pode ocasionar sérios problemas aos moradores, como rinites alérgicas, asma e infecções respiratórias e dependendo da evolução do crescimento dos microorganismos pode danificar alguns materiais, ocasionando sua biodeterioração. São vários os fatores que influenciam o desenvolvimento de bolor nas paredes, como umidade, temperatura, pH do material, classe do substrato, ventilação e orientação. Estes fatores devem ser analisados previamente a construção de uma edificação. Atualmente há softwares que possibilitam a simulação higrotérmica do ambiente, permitindo analisar a influência destes fatores quando combinado as condições climáticas do local de construção, os materiais utilizados, a tipologia do empreendimento e a influência dos moradores. Após a construção de grandes condomínios utilizando paredes de concreto notou-se a grande quantidade de manifestações patológicas deste tipo. Neste sentido o trabalho simulou um apartamento com paredes de concreto nas oito zonas bioclimáticas e identificou que na zona bioclimática 2 haveriam grandes riscos de desenvolvimento de fungos sendo necessário o estudo de propostas que auxiliem na redução destes índices, foram simulados a instalação de venezianas nos apartamentos e a adição do revestimento EIFS que resultaram em redução significativa dos índices de desenvolvimento de fungos, provando a importância de realizar estudos preliminares e propor soluções para problemas sem o descarte do projeto.

Palavras-chave: fungos; paredes de concreto; simulação higrotérmica; bolor; umidade; revestimento EIFS.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Ciclo de vida dos fungos filamentosos. | 19 |
| Figura 2: Influência do fungo na germinação dos esporos e crescimento dos micélios. | 29 |
| Figura 3: Componentes do revestimento EIFS..... | 31 |
| Figura 4: Mapeamento zonas bioclimáticas brasileiras. | 35 |
| Figura 5: Planta baixa do projeto de habitação padrão. | 39 |
| Figura 6: Projeto habitação com venezianas para ventilação. | 44 |
| Figura 7: Geometria projeto de habitação com aberturas conforme norma para zonas de 1 a 7. | 46 |
| Figura 8: Projeto de habitação com aberturas conforme a norma para as regiões nordeste e sudeste da zona 8. | 48 |
| Figura 9: Geometria habitação com aberturas conforme a norma para região norte da zona 8..... | 49 |
| Figura 10: Definição das paredes de projeto..... | 54 |
| Figura 11: Dados climáticos da cidade de Curitiba PR | 57 |
| Figura 12: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Curitiba - PR..... | 57 |
| Figura 13: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 58 |
| Figura 14: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 58 |
| Figura 15: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 58 |
| Figura 16: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 59 |
| Figura 17: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1...59 | |
| Figura 18: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 1 | 59 |
| Figura 19: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 60 |
| Figura 20: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 60 |
| Figura 21: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 60 |
| Figura 22: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 61 |
| Figura 23: Resumo índice crescimento de micélios parede 2 | 61 |
| Figura 24: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 62 |
| Figura 25: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 62 |
| Figura 26: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 62 |
| Figura 27: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 62 |
| Figura 28: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3...63 | |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29: Dados climáticos da cidade de Teresópolis RJ..... | 64 |
| Figura 30: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Teresópolis - RJ | 65 |
| Figura 31: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 65 |
| Figura 32: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 65 |
| Figura 33: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 66 |
| Figura 34: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 66 |
| Figura 35: HabPadrão – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1...66 | |
| Figura 36: HabPadrão – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 1 | 66 |
| Figura 37: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 67 |
| Figura 38: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 68 |
| Figura 39: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 68 |
| Figura 40: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 68 |
| Figura 41: HabPadrão – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2...68 | |
| Figura 42: HabPadrão – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 2 | 69 |
| Figura 43: HabPadrão – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 70 |
| Figura 44: HabPadrão – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 70 |
| Figura 45: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 70 |
| Figura 46: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 70 |
| Figura 47: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3...71 | |
| Figura 48: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3 | 71 |
| Figura 49: Gráfico das condições internas simuladas para HabPadrão ZB2 P1S..... | 72 |
| Figura 50: Dados climáticos da cidade de Porto Alegre - RS..... | 73 |
| Figura 51: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Curitiba - PR..... | 73 |
| Figura 52: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 74 |
| Figura 53: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 74 |
| Figura 54: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 74 |
| Figura 55: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 74 |
| Figura 56: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1...75 | |
| Figura 57: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 75 |
| Figura 58: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 76 |
| Figura 59: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 76 |
| Figura 60: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 76 |
| Figura 61: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2...76 | |
| Figura 62: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 77 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 63: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 77 |
| Figura 64: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 78 |
| Figura 65: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 78 |
| Figura 66: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3... | 78 |
| Figura 67: Dados climáticos da cidade de Brasília DF | 79 |
| Figura 68: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Brasília - DF | 80 |
| Figura 69: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 80 |
| Figura 70: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 81 |
| Figura 71: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 81 |
| Figura 72: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 81 |
| Figura 73: HabPadrão – ZB4 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 82 |
| Figura 74: HabPadrão – ZB4 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 82 |
| Figura 75: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 82 |
| Figura 76: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 82 |
| Figura 77: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 83 |
| Figura 78: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 83 |
| Figura 79: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 83 |
| Figura 80: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 84 |
| Figura 81: Dados climáticos da cidade de Governador Valadares MG | 85 |
| Figura 82: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Governador Valadares - MG | 85 |
| Figura 83: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 86 |
| Figura 84: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 86 |
| Figura 85: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 86 |
| Figura 86: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 87 |
| Figura 87: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 87 |
| Figura 88: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 87 |
| Figura 89: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 88 |
| Figura 90: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 88 |
| Figura 91: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 88 |
| Figura 92: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 89 |
| Figura 93: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 89 |
| Figura 94: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 89 |
| Figura 95: Dados climáticos da cidade de Presidente Prudente - SP | 90 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 96: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Presidente Prudente - SP | 91 |
| Figura 97: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 91 |
| Figura 98: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 91 |
| Figura 99: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 92 |
| Figura 100: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 92 |
| Figura 101: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 92 |
| Figura 102: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 93 |
| Figura 103: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 93 |
| Figura 104: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 93 |
| Figura 105: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 94 |
| Figura 106: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 94 |
| Figura 107: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 94 |
| Figura 108: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 94 |
| Figura 109: Dados climáticos da cidade de Imperatriz MA | 95 |
| Figura 110: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Imperatriz - MA..... | 96 |
| Figura 111: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 96 |
| Figura 112: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 96 |
| Figura 113: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 97 |
| Figura 114: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 97 |
| Figura 115: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 97 |
| Figura 116: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 98 |
| Figura 117: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 98 |
| Figura 118: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 98 |
| Figura 119: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 99 |
| Figura 120: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 99 |
| Figura 121: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 99 |
| Figura 122: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 99 |
| Figura 123: Dados climáticos da cidade de Rio de Janeiro RJ | 100 |
| Figura 124: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Rio de Janeiro - RJ. | 101 |
| Figura 125: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 101 |
| Figura 126: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 101 |
| Figura 127: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 102 |
| Figura 128: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 102 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 129: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 102 |
| Figura 130: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 103 |
| Figura 131: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 103 |
| Figura 132: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 103 |
| Figura 133: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 104 |
| Figura 134: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 104 |
| Figura 135: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 104 |
| Figura 136: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 104 |
| Figura 137: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 105 |
| Figura 138: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 106 |
| Figura 139: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 106 |
| Figura 140: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 106 |
| Figura 141: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1 | 106 |
| Figura 142: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3 | 107 |
| Figura 143: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 107 |
| Figura 144: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 108 |
| Figura 145: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 108 |
| Figura 146: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 108 |
| Figura 147: HabVenezianas – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2 | 108 |
| Figura 148: HabVenezianas – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 2.. | 109 |
| Figura 149: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 109 |
| Figura 150: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 110 |
| Figura 151: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 110 |
| Figura 152: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 110 |
| Figura 153: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 110 |
| Figura 154: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3 | 111 |
| Figura 155: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 111 |
| Figura 156: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 112 |
| Figura 157: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 112 |
| Figura 158: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 112 |
| Figura 159: HabVenezianas – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1 | 112 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 160: HabVenezianas – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 1 .. | 113 |
| Figura 161: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 113 |
| Figura 162: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 113 |
| Figura 163: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 114 |
| Figura 164: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 114 |
| Figura 165: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2 | 114 |
| Figura 166: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3 | 114 |
| Figura 167: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 115 |
| Figura 168: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 115 |
| Figura 169: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 115 |
| Figura 170: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 116 |
| Figura 171: HabPadrão – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3 | 116 |
| Figura 172: HabPadrão – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 3 | 116 |
| Figura 173: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Sul..... | 117 |
| Figura 174: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Norte | 117 |
| Figura 175: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste | 117 |
| Figura 176: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Leste | 117 |
| Figura 177: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1 | 118 |
| Figura 178: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 1.... | 118 |
| Figura 179: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Sul..... | 118 |
| Figura 180: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Norte | 119 |
| Figura 181: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste | 119 |
| Figura 182: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste | 119 |
| Figura 183: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2 | 119 |
| Figura 184: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 2.... | 120 |
| Figura 185: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Sul..... | 120 |
| Figura 186: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Norte | 120 |
| Figura 187: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste | 121 |
| Figura 188: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Leste | 121 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 189: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3 | 121 |
| Figura 190: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 3.... | 121 |
| Figura 191: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul | 122 |
| Figura 192: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte..... | 122 |
| Figura 193: Resumo índice de crescimento de micélios para HabNorma P3N, P1S,P2O | 124 |
| Figura 194: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul | 125 |
| Figura 195: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte.. | 125 |
| Figura 196: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste.. | 125 |
| Figura 197: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste.. | 125 |
| Figura 198: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul | 126 |
| Figura 199: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte.. | 126 |
| Figura 200: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste.. | 126 |
| Figura 201: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste.. | 127 |
| Figura 202: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul | 127 |
| Figura 203: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte.. | 127 |
| Figura 204: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste.. | 128 |
| Figura 205: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste.. | 128 |
| Figura 206: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com cerâmica e orientação Sul | 131 |
| Figura 207: Simulação de umidade e temperatura para habitação EIFS com cerâmica..... | 131 |
| Figura 208: Figura 207: Simulação de umidade e temperatura para habitação EIFS com textura..... | 132 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1: Atividades domésticas que geram vapor de água no interior. | 25 |
| Tabela 2: Vapor de água gerado por pessoa na execução de tarefas. | 25 |
| Tabela 3: Parâmetros para o isolante térmico em EPS. | 33 |
| Tabela 4 Propriedades térmicas dos materiais habitação padrão. | 39 |
| Tabela 5: Relação das janelas do projeto padrão. | 40 |
| Tabela 6: Propriedades térmicas dos materiais da habitação com EIFS | 41 |
| Tabela 7: Área efetiva conforme tamanho das grelhas. | 43 |
| Tabela 8: Relação das janelas do projeto com venezianas. | 45 |
| Tabela 9: Aberturas de janela para as zonas bioclimáticas de 1 a 7. | 46 |
| Tabela 10: Aberturas de janela para a zona bioclimática 8 – Nordeste e sudeste. ... | 47 |
| Tabela 11: Aberturas de janela para a zona bioclimática 8 – Norte | 48 |
| Tabela 12: Média dos dados coletados das zonas bioclimáticas para o 1º semestre. | 53 |
| Tabela 13: Média dos dados coletados das zonas bioclimáticas para o 2º semestre. | 53 |
| Tabela 14: Comparação índices habitação padrão e com aberturas conforme NBR 15575: 2015 | 124 |
| Tabela 15: Resumo resultados comparativos Habitação Padrão. | 128 |
| Tabela 16: Resumo simulação EIFS para zonas bioclimáticas 1,2 e 3. | 129 |
| Tabela 17: Resumo Simulação Venezianas para zonas bioclimáticas 1,2 e 3. | 129 |
| Tabela 18: Resumo Simulação Aberturas Normas para zonas bioclimáticas 1,2 e 3 | 130 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|-----------------------------------------------|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| EIFS | Exterior Insulation Facade Systems |
| EPS | Expanded Polystyrene (poliestireno expandido) |
| ETAG | European Organisation for Technical Approvals |
| HIS | Habitação de Interesse Social |
| MCMV | Minha casa minha vida |
| NBR | Normas Brasileiras de Regulação |
| SVVIE | Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa |
| XPS | Extruded polystyrene (poliestireno extrudido) |
| ZB | Zona Bioclimática |

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 Objetivos | 16 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 16 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.2 Justificativa | 16 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 2.1 Desenvolvimento e ciclo de vida dos fungos | 18 |
| 2.2 Problemas ocasionados pelos fungos | 20 |
| 2.3 Condições que permitem o desenvolvimento de fungos | 22 |
| 2.3.1 Condições climáticas..... | 23 |
| 2.3.1.1 Umidade | 24 |
| 2.3.1.2 Temperatura..... | 25 |
| 2.3.1.3 Ventilação..... | 26 |
| 2.3.2 Materiais do substrato | 27 |
| 2.3.3 Tempo de ocorrência das condições..... | 28 |
| 2.3.4 Revestimentos externos e internos | 29 |
| 2.3.4.1 Revestimento externo com EIFS..... | 30 |
| 3 METODOLOGIA | 38 |
| 3.1 Habitação padrão | 38 |
| 3.1.1 Definição dos parâmetros da Habitação Padrão | 38 |
| 3.2 Habitação com revestimento EIFS | 40 |
| 3.2.1 Definição dos parâmetros Habitação com revestimento EIFS | 41 |
| 3.3 Habitação com venezianas para ventilação | 41 |
| 3.3.1 Definição dos parâmetros da Habitação com venezianas..... | 44 |
| 3.4 Habitação com aberturas de acordo com a NBR 15.575 | 45 |
| 3.4.1 Definição das aberturas conforme zona bioclimática | 45 |
| 3.4.2 Definição dos parâmetros de habitação com janelas conforme a norma | 49 |
| 3.5 Simulação computacional | 50 |
| 3.5.1 Wufi Plus | 50 |
| 3.5.2 Wufi-Bio..... | 51 |
| 3.5.3 Definições dos parâmetros de entrada do Software..... | 52 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 56 |

| | |
|-------------------------------------------|------------|
| 4.1 Habitação Padrão | 56 |
| 4.1.1 Zona Bioclimática 1 | 56 |
| 4.1.1.1 Parede 1 | 58 |
| 4.1.1.2 Parede 2 | 60 |
| 4.1.1.3 Parede 3 | 61 |
| 4.1.2 Zona Bioclimática 2 | 64 |
| 4.1.2.1 Parede 1 | 65 |
| 4.1.2.2 Parede 2 | 67 |
| 4.1.2.3 Parede 3 | 69 |
| 4.1.3 Zona Bioclimática 3 | 72 |
| 4.1.3.1 Parede 1 | 73 |
| 4.1.3.2 Parede 2 | 75 |
| 4.1.3.3 Parede 3 | 77 |
| 4.1.4 Zona Bioclimática 4 | 79 |
| 4.1.4.1 Parede 1 | 80 |
| 4.1.4.2 Parede 2 | 81 |
| 4.1.4.3 Parede 3 | 83 |
| 4.1.5 Zona Bioclimática 5 | 84 |
| 4.1.5.1 Parede 1 | 86 |
| 4.1.5.2 Parede 2 | 87 |
| 4.1.5.3 Parede 3 | 88 |
| 4.1.6 Zona Bioclimática 6 | 89 |
| 4.1.6.1 Parede 1 | 91 |
| 4.1.6.2 Parede 2 | 92 |
| 4.1.6.3 Parede 3 | 93 |
| 4.1.7 Zona Bioclimática 7 | 95 |
| 4.1.7.1 Parede 1 | 96 |
| 4.1.7.2 Parede 2 | 97 |
| 4.1.7.3 Parede 3 | 98 |
| 4.1.8 Zona Bioclimática 8 | 100 |
| 4.1.8.1 Parede 1 | 101 |
| 4.1.8.2 Parede 2 | 102 |
| 4.1.8.3 Parede 3 | 103 |
| 4.2 Habitação com venezianas | 105 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.1 Zona Bioclimática 1 - Parede 1 | 105 |
| 4.2.2 Zona Bioclimática 1 - Parede 2 | 107 |
| 4.2.3 Zona Bioclimática 1 - Parede 3 | 109 |
| 4.2.4 Zona Bioclimática 2 - Parede 1 | 111 |
| 4.2.5 Zona Bioclimática 2 - Parede 2 | 113 |
| 4.2.6 Zona Bioclimática 2 - Parede 3 | 115 |
| 4.2.7 Zona Bioclimática 3 - Parede 1 | 116 |
| 4.2.8 Zona Bioclimática 3 - Parede 2 | 118 |
| 4.2.9 Zona Bioclimática 3 - Parede 3 | 120 |
| 4.3 Habitação com revestimento EIFS..... | 122 |
| 4.3.1 Parede 1 | 122 |
| 4.4 Habitação com aberturas conforme a Norma NBR 15.575:2021 | 123 |
| 4.4.1 Parede 1 – Zona Bioclimática 2..... | 124 |
| 4.4.2 Parede 2 – Zona Bioclimática 2..... | 126 |
| 4.4.3 Parede 3 – Zona Bioclimática 2..... | 127 |
| 4.5 Comparação dos resultados encontrados | 128 |
| 4.5.1 Paredes com cerâmica..... | 130 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 133 |
| REFERÊNCIAS..... | 136 |

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo de paredes de concreto é um método que está ganhando espaço nos empreendimentos do programa MCMV por aumentar a agilidade das construções, reduzindo o prazo de entrega das obras. Este método consiste na montagem de formas e armação das paredes in loco, que em seguida são concretadas conforme projeto. Desta forma, as paredes têm função estrutural e de vedação.

Nos últimos anos tornou-se necessário a construção de moradias no Brasil, com um baixo custo para a população e com prazos menores. Aproveitando esta demanda grandes incorporadoras começaram a utilizar do sistema paredes de concreto para construção de condomínios de habitação em várias regiões do país.

Após a construção destas habitações foi possível observar um aumento no aparecimento de manifestações patológicas nas edificações com paredes de concreto, como o desenvolvimento de microrganismos nas superfícies das fachadas externas e das paredes internas.

O desenvolvimento de fungos filamentosos nas envoltórias da edificação ocorre devido as condições climáticas do meio que está inserido e das propriedades físicas do material que constitui o elemento. Por este motivo deve ser levado em consideração no momento de projeto em qual zona bioclimática a habitação será construída, conforme a classificação da NBR 15.220: Desempenho Térmico de Edificações, 2005. Para aumento da agilidade nas construções, grandes incorporadoras estão buscando por uma padronização de seus empreendimentos, e acabam optando por utilizar um projeto padrão de condomínio habitacional, independentemente do local que construção, seguindo o mesmo método de execução, qualidade de material e acabamento e a mesma tipologia e dimensões.

A ocorrência de fungos filamentosos nas paredes prejudica a estética do empreendimento, e pode ocasionar a biodeterioração de alguns materiais, como exemplo tintas. Além dos problemas estéticos, o desenvolvimento destes fungos pode afetar a saúde dos moradores, ocasionando problemas respiratórios, como asma e rinite. Por este motivo é de extrema importância pensar em soluções que auxiliem na redução da presença de bolores nas paredes das habitações.

Neste trabalho será realizado simulações para prever o desenvolvimento dos fungos nas superfícies internas das paredes externas de um apartamento nas oito zonas bioclimáticas brasileiras através do software computacional WUFI.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar em quais zonas bioclimáticas do Brasil a edificação de estudo teria maiores probabilidades no desenvolvimento de fungos através de simulação computacional.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Identificar e definir os parâmetros de cada projeto necessários para execução da simulação computacional;
- b) Comparar a probabilidade de desenvolvimento de fungos nas zonas bioclimáticas, definindo em qual delas recomenda-se utilização de propostas para prevenir o aparecimento dos fungos;
- c) Desenvolver soluções de projeto que auxiliem no controle de umidade da edificação e simulá-los na zona com maior probabilidade de crescimento de micélios nas paredes;
- d) Analisar a influência da orientação da edificação;

1.2 Justificativa

O desenvolvimento de fungos filamentosos nas paredes de uma edificação afeta a estética de um edifício, diminuindo o valor do patrimônio, e gerando gastos aos moradores ou condomínio, já que exige um aumento na frequência de manutenções corretivas, que se não forem realizadas permitirão a biodeterioração dos materiais componentes das paredes. Os fungos podem ocasionar o deslocamento da tinta através da penetração das hifas na superfície, e para sua alimentação eles liberam enzimas que podem danificar as tintas e até mesmo o material do substrato, dependendo da quantidade presente de fungos.

Além da estética, a proliferação destes microorganismos pode ocasionar problemas de saúde aos habitantes, como asma, rinite alérgica, tosse e infecções respiratórias.

Os problemas citados podem ser evitados quando realizado análise higrotérmica através de softwares computacionais antes da realização do projeto, assim propor uma edificação com recursos que auxiliem na prevenção do desenvolvimento destes fungos mesmo estando em uma zona bioclimática que as condições climáticas tornem favorável para o crescimento de bolores nas paredes.

Por isto, neste trabalho será analisado uma edificação nas oito zonas bioclimáticas e estudado propostas que ajudem a minimizar a ação dos agentes que favorecem o desenvolvimento de fungos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Desenvolvimento e ciclo de vida dos fungos

A presença de bolores nas paredes internas e externa das edificações é um problema que tem se destacado nas construções desenvolvidas pelo sistema de paredes de concreto. Além desta manifestação patológica ocasionar problemas estéticos e financeiros, exigindo a necessidade de manutenções frequentes, podem gerar danos à saúde dos usuários (AFONSO, 2018).

Em princípio o desenvolvimento de microrganismos nas fachadas trata-se de uma anomalia estética que pode ocasionar desconforto e problemas de saúde aos usuários. Entretanto, conforme Flores-Colen (2009), se não for dada a devida atenção às manifestações patológicas no edifício, pode evoluir para uma anomalia funcional, ocorrendo a biodeterioração dos materiais presentes nas paredes.

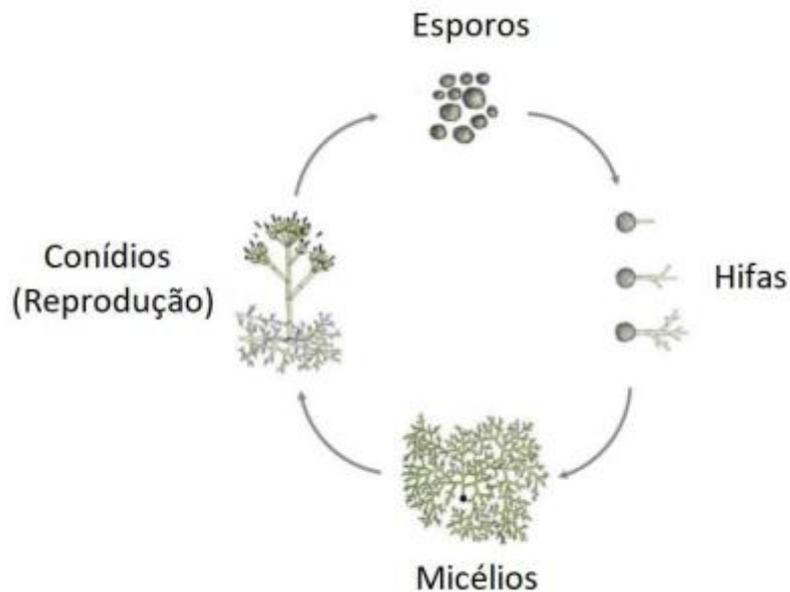
A bioterioração de um material é um processo que resulta em uma modificação indesejável das suas propriedades, ocasionada pela permanência e reprodução dos fungos (ALLSOPP; SEAL; GAYLARDE, 2010).

Os bolores, também conhecidos como mofo, são microrganismos pertencentes ao reino fungi (GOMES, 2006). Na grande maioria, os fungos que se desenvolvem nas fachadas são os chamados filamentosos (GUERRA; CUNHA; SILVA; KNOP, 2012), em alguns casos há a presença de leveduras, porém ocorre raramente (AFONSO, 2018).

Conforme Gomes (2006) os fungos filamentosos são compostos por hifas, estruturas tubulares alongadas que quando se desenvolvem formam o micélio.

O micélio aparenta uma rede emaranhada de hifas, que demonstram um aspecto aveludado, característico dos bolores. A formação dos micélios permite o desenvolvimento de conídios, uma estrutura especial reprodutiva que libera esporos que dispersam no ambiente através do ar, formando novas colônias (GUERRA et al., 2012). Este ciclo de vida está representado na figura 1, que demonstra as etapas do desenvolvimento destes microrganismos.

Figura 1: Ciclo de vida dos fungos filamentosos.



Fonte: Afonso (2018)

De acordo com Vasconcelos (2010) o desenvolvimento destes microrganismos tem grande influência com o teor de umidade da superfície, que varia de acordo com a umidificação pela chuva, por condensação, e pelo processo de secagem. Além disso, há outros fatores que influenciam na geração dos fungos, como temperatura superficial, pH e presença de nutrientes na superfície, rugosidade e o período em que ocorre as condições (SEDLBAUER, 2001).

Conforme Grala, Vaupel e Rolf-Michael (2008), há uma maior incidência no aparecimento e desenvolvimento destes microrganismos durante o inverno, devido a combinação das baixas temperaturas, a alta umidade relativa do ar, e temperaturas mais elevadas na face interna das paredes. Ferrari e Riva (2019) afirmam este fato analisando a influência do frio e da chuva no fluxo de umidade das paredes.

Já Udawattha et al. (2018) realizaram pesquisas e comparações e concluíram que os climas tropicais são ideais para a formação do mofo. E que o seu crescimento não está relacionado diretamente com a porosidade do material, mas com a quantidade de água e material orgânico presente na superfície.

2.2 Problemas ocasionados pelos fungos

A deterioração dos componentes de um sistema inicia-se logo após a entrega do edifício e início da fase de uso, ocorre devido algum fator de degradação ou pelo envelhecimento natural, uma reação das condições do meio que está inserido. Em resumo, a degradação de uma edificação ocorre devido à exposição, nível de projeto, manutenções periódicas e características da edificação, itens que devem ser considerados para definição da vida útil do projeto. (DIAS et al., 2014).

A ocorrência de manifestações patológicas nas paredes e fachadas externas tem importância nos aspectos cultural, econômico, ambiental e técnico. Com o surgimento de problemas que afetam os materiais da envoltória, há a desvalorização do edifício e a necessidade de manutenções com frequência, exigindo uma previsão de capital durante a operação do edifício. Caso a manifestação patológica não seja solucionada, poderá ocorrer a degradação dos materiais, a perda de desempenho e diminuição da vida útil dos elementos do sistema. E por fim, se a deterioração atingir níveis irrecuperáveis, será necessário a demolição da edificação, o que gera resíduos e impacta o meio ambiente. (NASCIMENTO, 2016)

No Brasil o desenvolvimento de fungos filamentosos nas superfícies das edificações de parede de concreto é um problema que vem se destacando nos últimos anos. Este fato é preocupante pois a ocorrência de bolores, no interior e exterior das paredes, é um fenômeno que afeta a estética do edifício, desvalorizando o patrimônio, e pode ocasionar problemas de saúde aos moradores e se não for realizada as manutenções a biodeterioração dos materiais componentes do sistema (AFONSO, BRITO, AKUTSU, 2019).

Além de afetar a estética do edifício, o desenvolvimento de bolores nas superfícies pode representar um gasto financeiro não planejado para os moradores ou o condomínio aumentando o número de manutenções necessárias para correção do problema (AFONSO, 2018).

Conforme conclusão da OMS (Organização Mundial da Saúde), há provas suficientes que a presença de fungos pode ocasionar danos à saúde dos habitantes, desenvolvendo problemas como asma, infecção do trato respiratório superior, tosse, rinites alérgicas, sibilância e dispneia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009).

De acordo com Valtonen (2017), os principais problemas ocasionados pela presença do bolor nas paredes internas de uma edificação são do trato respiratório,

a exposição por um período prolongado pode ocasionar irritações no sistema respiratório e visão dos moradores. Nos casos mais graves pode evoluir para bronquite e ainda causar dores de cabeça, náusea e fadiga.

As alergias se desenvolvem devido a inalação dos esporos presentes no ambiente. Problemas como asma e infecção do trato respiratório ocorrem quando os esporos com grandeza que variam de 2 μm a 5 μm conseguem chegar ao tubo bronquial. E as partículas maiores, com tamanho de 10 μm podem desenvolver rinite alérgica nos moradores, já que ficam retidas na mucosa do nariz e faringe (AFONSO, 2018).

Estes danos ocorrem devido à grande concentração de fungos no ambiente, que na sua reprodução proliferam no ambiente uma grande quantidade de esporos e podem gerar outras substâncias tóxicas durante sua alimentação que, que são produzidas quando há altas umidades relativas. Algumas destas microtoxinas podem provocar irritação no corpo e micotoxicose (AFONSO, 2018; GOMES, 2006).

Além dos problemas ocasionados à saúde dos moradores, a presença dos fungos em uma superfície pode ocasionar a biodeterioração dos materiais pertencentes aos componentes de uma edificação. Este processo ocorre de forma lenta, invisível e silenciosa. (VASCONCELOS, 2010).

A alimentação das hifas acontece através da liberação de uma enzima digestiva através do seu corpo que atacam os elementos para quebrar a matéria orgânica, retirando os nutrientes dos materiais de construção. Sendo assim, a presença de fungos nas superfícies das paredes pode ocasionar a biodeterioração de materiais devido sua hospedagem e alimentação (GUERRA et al. 2012; SHIRAKAWA et al., 2003).

Conforme Labres (2019) a ação dos fungos em superfícies de paredes causa a deterioração dos elementos, com a formação de biofilme, e efeitos que danificam a resistência da pintura. Inicialmente a ação dos microrganismos pode alterar a coloração da tinta devido a liberação de pigmentos, afetando principalmente a estética da edificação. A penetração das hifas danifica a resistência da tinta, causando deslocamento e as enzimas liberadas na digestão promovem a decomposição dos polímeros presentes na tinta (AFONSO, 2018).

Além da pintura, a presença dos fungos pode ocasionar a deterioração do substrato. Conforme Pinheiro 2003 a ação dos ácidos orgânicos e inorgânicos produzido pelo seu processo metabólico e a penetração das hifas na estrutura

cristalina dos materiais, que podem alcançar até 8 mm podem ocasionar a deterioração do elemento. Já Caneva, Nugari e Salvadori (2000) informam que a penetração dos micélios pode chegar a 10 mm da superfície, o que ocasiona a perda de coesão do material, danificando a estética do elemento e podendo evoluir para a biodeterioração dos materiais.

Outro fator preocupante é que na maioria dos casos o desenvolvimento de fungos em um ambiente desencadeia a formação de colônias de outros microrganismos, criando um biofilme de fungos, algas, bactérias etc. na parede, o que facilita e acelera o processo de degradação dos materiais (SAND, 1991).

2.3 Condições que permitem o desenvolvimento de fungos

Conforme Sedlbauer (2001) os principais fatores que influenciam no desenvolvimento dos fungos são a umidade relativa do ar, ventilação e temperatura das superfícies internas. E de acordo com Udawattha et al. (2018) outras condições de construção podem favorecer este desenvolvimento, como rugosidade da superfície, capacidade de absorção de líquidos do material utilizado, e a presença de sais e polímeros nas superfícies.

Apesar destes serem os principais influenciadores na geração dos fungos, outros fatores também podem facilitar o seu desenvolvimento, como o pH do material. Os fungos podem sobreviver em superfícies com pH entre 2 e 11, e o pH ótimo para o seu crescimento fica na faixa entre 5 e 7. O concreto tem valor de pH superior a 12, porém esse fato não inibe a formação dos fungos, já que não é um fator dominante no seu desenvolvimento e os fungos podem alterar o pH do material através dos ácidos orgânicos liberados por eles, tornando o ambiente favorável ao seu crescimento (SEDLBAUER, 2001).

Os microrganismos podem desenvolver-se em superfícies lisas e rugosas. Porém, conforme Tran et al. (2014) a rugosidade da superfície pode facilitar a crescimento dos fungos, já que um material áspero possui melhor fixação de umidade e material orgânico.

Além disso, a orientação solar que se encontra a edificação pode auxiliar na minimização do crescimento de microrganismos, de acordo com Afonso (2018) existem alguns fungos que são intolerantes a radiação solar, e apesar de não ser um fator determinante, conciliar uma boa iluminação com outras soluções podem reduzir

o seu desenvolvimento. E ainda, a exposição à radiação solar pode favorecer o ganho de calor e aumentar as temperaturas superficiais, diminuindo o teor de umidade e condensação da superfície. (YANG, X.; LI, Y.; YANG, L.)

O quadro 1 demonstra o resumo de critérios e parâmetros que influenciam a geração dos fungos em edificações adaptado do quadro realizado por Sedlbauer (2001).

Quadro 1: Resumo das condições para desenvolvimento dos fungos.

| Fator | Parâmetro | Mínimo | Máximo | Unidade | Observações |
|-------------|----------------------------------------------|--------|--------|---------|-----------------------------------------------------------|
| Temperatura | Temperatura superficial do componente | -8 | 60 | °C | Depende da espécie e do estágio de vida do fungo |
| Umidade | Umidade relativa na superfície do componente | 70 | 100 | % | |
| Substrato | Nutrientes e sais | - | - | - | Nutrientes também podem provir de sujeiras e contaminação |
| Tempo | horas por dia | 1 | - | h/d | Dependendo da temperatura e umidade |
| Ambiente | Valor de pH da superfície | 2 | 11 | - | Pode ser influenciado pelo fungo |
| Atmosfera | Taxa de oxigênio | 0,25 | | % | Sempre ocorre |

Fonte: Adaptado de Sedlbauer (2001)

2.3.1 Condições climáticas

A ação dos agentes climáticos nas fachadas pode ocasionar modificações químicas e físicas dos materiais utilizados na construção. O estudo preliminar das condições climáticas em que a habitação será inserida e a avaliação dos efeitos destes nos elementos da construção devem ser realizados antes do projeto da edificação, assim, será evitado o gasto com manutenções e problemas patológicos que afetam o desempenho da habitação (NASCIMENTO, 2016).

Considerando o estudo realizado por Vasconcelos em 2010, o desenvolvimento dos microrganismos na fachada está fortemente relacionado com o teor de umidade da superfície. Este parâmetro é influenciado pela chuva incidente na superfície, pela humidificação por condensação e pelo processo de secagem.

Entretanto as condições climáticas que influenciam o desenvolvimento dos fungos são a umidade, a temperatura e a ventilação do ambiente. Há limites destes itens que irão favorecer a multiplicação e crescimento dos bolores, por isso a importância de estudar formas que diminuam a ação do clima sobre a edificação.

Além dos parâmetros de umidade, temperatura e ventilação do local de construção da habitação, deve ser levado em consideração a orientação em que as fachadas estão dispostas. No hemisfério sul, as faces norte e oeste da edificação receberão mais incidência solar, aumentando a temperatura da superfície da parede (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Este fator acelera o processo de secagem da umidade presente no material, o que auxilia na prevenção de fungos.

2.3.1.1 Umidade

Conforme Vasconcelos (2010) e Afonso (2018), o teor de umidade das superfícies é o principal fator que influencia no desenvolvimento dos fungos. Os microrganismos absorvem a umidade do ambiente podendo ser até mesmo em forma de vapor d'água e por isso este fator é essencial para o seu desenvolvimento.

De acordo com Ramos (2007) os fatores responsáveis pela variação da umidade relativa dos ambientes internos são as dimensões da edificação, a incidência de radiação solar, a ventilação dos cômodos, taxa metabólica e vapor gerado pelos habitantes e atividades realizadas no dia a dia, a umidade absoluta do ar exterior e por fim as trocas de vapor pelas paredes de fachada.

Já conforme Barreira e Freitas (2009) o teor de umidade de uma superfície é resultado da umidificação decorrente da incidência de chuva nas fachadas, do processo de secagem dos componentes e da condensação superficial decorrente das diferenças de temperatura entre as faces da parede da envoltória, quando a temperatura da superfície exterior é inferior a temperatura de ponto de orvalho do ar.

Afonso, (2018) cita que a umidade ótima para o desenvolvimento de várias espécies de fungos é de 90% a 96%. Porém de acordo com Vasconcelos (2010) a maioria dos fungos já conseguem se desenvolver com uma umidade relativa acima de 80%. E ainda há dados que demonstram que uma umidade superior a 70% já permite o crescimento de certas espécies de fungos (SEDLBAUER, 2001).

Silveira (2019) e Viegas (2015) defendem que além das condições climáticas, o número de habitantes e as atividades realizadas por eles no interior das

edificações têm influência na elevação da umidade relativa do ambiente. Grala, Vaupel e Rolf-Michael (2008) comprovam analisando a influência do vapor gerado pelo cozimento de alimentos e presença dos usuários na elevação da umidade dos dormitórios e cozinha.

A Tabela 1 demonstra a taxa de umidade gerada para atividades comuns realizadas normalmente em uma habitação e na Tabela 2 está listado a umidade gerada por uma pessoa por dia considerando seu metabolismo para realização das atividades de caráter leve, médio e pesado.

Tabela 1: Atividades domésticas que geram vapor de água no interior.

| Atividade | Umidade gerada (L) |
|-----------------------------------------|------------------------|
| Chuveiro | 0,25/5 min |
| Secagem de roupas em ambientes internos | 2,2 a 2,92/carga média |
| Cozinhar fogão a gás: | |
| Café da manhã (4 pessoas) | 0,45 |
| Almoço (4 pessoas) | 0,57 |
| Jantar (4 pessoas) | 1,33 |
| Geladeira | 1,3/dia |
| Lavagem de louça | 0,4/dia |
| Lavagem de roupa | 0,5/dia |

Fonte: Adaptado de Viegas (2015) e Treschel et al (2009).

Tabela 2: Vapor de água gerado por pessoa na execução de tarefas.

| Atividade | Umidade gerada (L) |
|------------------|--------------------|
| Atividade leve | 0,03 a 0,06/h |
| Atividade média | 0,12 a 0,2/h |
| Atividade pesada | 0,2 a 0,3/h |

Fonte: Adaptado de Treschel et al (2009).

2.3.1.2 Temperatura

Além de auxiliar no controle da umidade presente nas paredes, a temperatura é outro fator que limita a geração dos fungos, pois ela regula o metabolismo dos microrganismos.

Conforme Ramos (2007) os elementos externos que provocam variação na temperatura superficial são quantidade de massa da envoltória, a ventilação do

ambiente interno, temperatura externa, radiação solar e a taxa de absorção da cor do revestimento da fachada, a produção de calor pelas atividades e convivência dos moradores e por fim isolamentos térmicos utilizados nas fachadas.

De acordo com Afonso (2018) a temperatura que permite o desenvolvimento dos microrganismos da maioria das espécies está em uma faixa de 0°C e 50°C, ou seja, este intervalo abrange a temperatura superficial encontrada em paredes na maioria dos lugares do Brasil. Já a temperatura ótima para regular o metabolismo dos microrganismos e permitir seu desenvolvimento está na faixa de 30°C e 36°C.

Já conforme o Sedlbauer (2001), as temperaturas superficiais das paredes estando na faixa de -8°C e 60°C já permite o desenvolvimento de alguns tipos de microrganismos, mas assim como no fator de umidade, depende da espécie de fungo e da fase de desenvolvimento.

Sendo assim, o crescimento de fungos filamentosos pode ocorrer em uma faixa de temperatura superficial bastante ampla e ainda o aumento de temperaturas pode influenciar na germinação dos esporos (GUERRA et al., 2012)

2.3.1.3 Ventilação

De acordo com Sedlbauer (2001) a ventilação é a melhor maneira de retirar a umidade de um ambiente e conseqüentemente reduzir o crescimento dos fungos. E para que este papel seja desempenhado da forma correta é importante um projeto adequado com a região e a utilização correta pelos usuários (AFONSO, 2018)

Para que a ventilação contribua com diminuição do teor de umidade é necessário um projeto contendo um sistema de ventilação natural, dependendo da zona bioclimática que está inserido, e deve atender ao requisito de tamanho mínimo da abertura conforme norma NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações.

A ventilação das habitações multifamiliares deve ser geral e permanente, garantindo conforto térmico e auxiliando no controle do desenvolvimento dos microrganismos (VIEGAS, 2015).

Para garantir uma ventilação natural e iluminação do ambiente, podemos utilizar de uma quantidade ideal de aberturas, localizadas em pontos certos que irão permitir uma boa ventilação nos ambientes e iluminação, além disso há a opção de locar venezianas em pontos específicos que atendam a demanda de renovação de ar do ambiente.

2.3.2 Materiais do substrato

Conforme Afonso (2018) substrato é outro elemento que pode influenciar no desenvolvimento dos fungos ou auxiliar no processo de prevenção. O que determina se irá auxiliar na proliferação é os componentes do substrato, já que esse fator irá definir se há nutrientes para a digestão dos fungos e se as características dos materiais permitem condições para o crescimento dos bolores.

De acordo com Silveira (2019) o aquecimento interno das paredes está relacionado com os materiais utilizados para construção. Com o objetivo de melhorar o conforto térmico do ambiente interno há duas soluções, através de inércia térmica, adotando materiais de massa elevada que tem a função de minimizar a variação de temperatura nos ambientes internos pela maior capacidade térmica, e a outra opção é a utilização de materiais específicos isolantes que possibilitam maior resistência térmica.

E ainda há outro fator que deve ser analisado na escolha de materiais para o substrato, o desempenho em relação a absorção de água que depende da porosidade e capilaridade do material (THOMAZ, 1989). De acordo com Anand et al. (2003) as paredes maciças apresentam um pior desempenho na absorção de umidade quando comparadas com alvenarias ocas.

Uma solução quando é necessário a utilização de materiais porosos e paredes maciças é a utilização de barreiras arquitetônicas e revestimentos com pouca porosidade, o que pode controlar ou impedir a penetração de água no material dos componentes de parede da fachada (SILVA, 2014). Conforme Anand et al. (2003) uma boa solução para servir como barreira da umidade externa é a utilização de reboco que pode auxiliar na redução dos danos ocasionados pela umidade externa, como desenvolvimento de fungos.

Seldbauer (2001) através de experiências dividiu os substratos em classes, que auxiliam na avaliação do desenvolvimento dos fungos.

CLASSE 0

Esta classe representa o meio ótimo para o crescimento dos microrganismos. É o substrato de referência, com todos os nutrientes necessários para facilitar o desenvolvimento.

CLASSE I

Os substratos pertencentes a esta classe possuem em sua composição matéria orgânica, o que facilita a degradação causada pelos fungos. Se encaixam nesta classe os papéis de parede, madeiras e placas de gesso acartonado.

CLASSE II

Nesta classe estão os substratos que possuem pouca matéria orgânica em sua composição, porém tem bastante porosidade, o que facilita o aumento do teor de umidade. Como gesso, argamassas e materiais de origem mineral.

CLASSE III

Nesta classe estão os substratos com materiais que não podem ser decompostos e não possuem nutrientes, sendo assim não permite o desenvolvimento dos microrganismos. Nesta classe, estão os vidros, metais e azulejos.

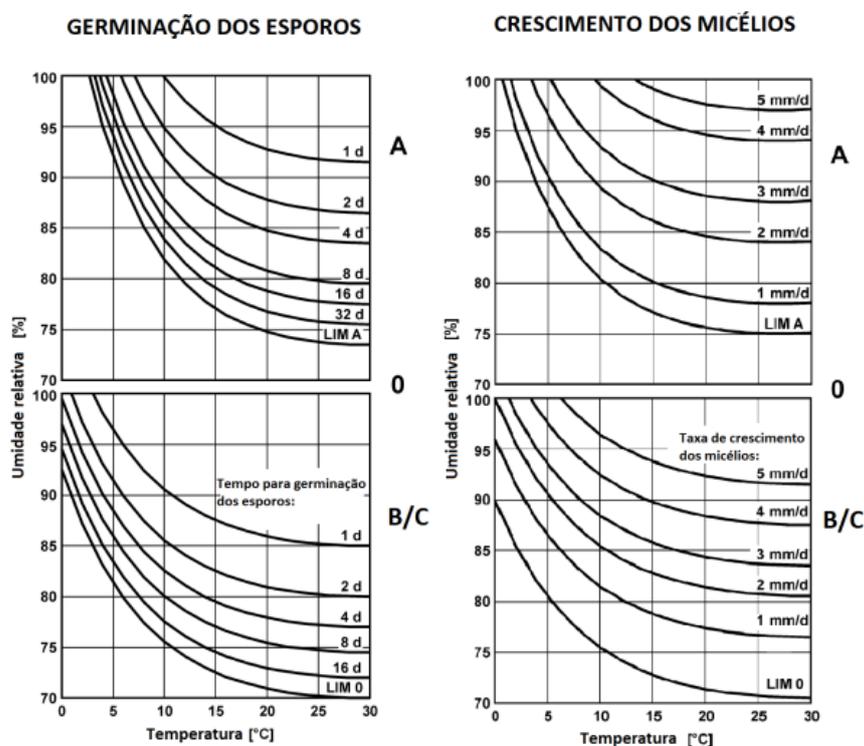
Conforme Afonso (2018) o concreto se encaixaria na classe II de substrato, porém há situações que devido a contaminação superficial das paredes poderia ser classificado como substrato tipo I.

2.3.3 Tempo de ocorrência das condições

Para que ocorra a proliferação dos microrganismos é necessário que os agentes que facilitam seu desenvolvimento e reprodução ocorram por um tempo mínimo e simultaneamente, por isso o tempo de ocorrência dessas ações externas sobre a parede é de extrema importância para que eles se desenvolvam e permaneçam no ambiente (AFONSO, 2018).

No modelo estudo das Isopleias realizado por Sedlbauer (2001), foram elaborados gráficos para estipular o tempo necessário em dias para geração dos fungos, dependendo da temperatura, da umidade relativa e da classe do substrato. E qual a taxa de crescimento dos micélios em mm/d em um substrato de classe 0, ideal para o desenvolvimento dos fungos (Figura 02).

Figura 2: Influência do fungo na germinação dos esporos e crescimento dos micélios.



Fonte: Adaptado de SEDLBAUER (2001)

2.3.4 Revestimentos externos e internos

Além do substrato, outro componente importante do sistema é o revestimento utilizado na fachada exterior, já que suas propriedades irão influenciar no desempenho térmico da parede, na temperatura e na umidade presente na envoltória.

As tintas têm a função de proteger a envoltória dos agentes externos e contribuir para a estética do edifício. Elas têm diversas classificações e para realizar a escolha de qual utilizar deve ser considerado o projeto, condições climáticas e qual desempenho desejado para a edificação. (DORNELLES; RORIZ, 2007)

Conforme Afonso (2018) os componentes da tinta irão facilitar ou dificultar o desenvolvimento de fungos, as tintas à base de água em geral possuem maior quantidade de matéria orgânica, já as tintas à base de solvente costumam ter menos capacidade em absorver umidade do ar. Então a escolha do tipo de tinta que será

utilizado na construção é outro ponto que deve ser considerado no momento do projeto.

Vasconcelos (2009) avaliou ainda a influência da cor da parede externa no desenvolvimento de microrganismos, já que elas possuem coeficientes de absorção solar variados (Quadro 2). Ele concluiu que paredes escuras ajudam a diminuir o risco de formação dos fungos e algas.

Quadro 2: Coeficiente de absorção solar da superfície conforme cores.

| Cor superfície exterior | Clara | Média | Escura |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Coef. de absorção solar da superfície exterior | 0.4 | 0.5 | 0.8 |
| Cores: | Branco Creme Amarelo Laranja Vermelho-claro | Vermelho-escuro Verde-claro Azul-claro | Castanho Verde-escuro Azul-vivo Azul-escuro Preto |

Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2010).

Considerando as observações de Vasconcelos (2009) e Afonso (2018) as tintas à base de solvente e com cores escuras são escolhas mais seguras para auxiliar na prevenção do desenvolvimento do fungo.

2.3.4.1 Revestimento externo com EIFS

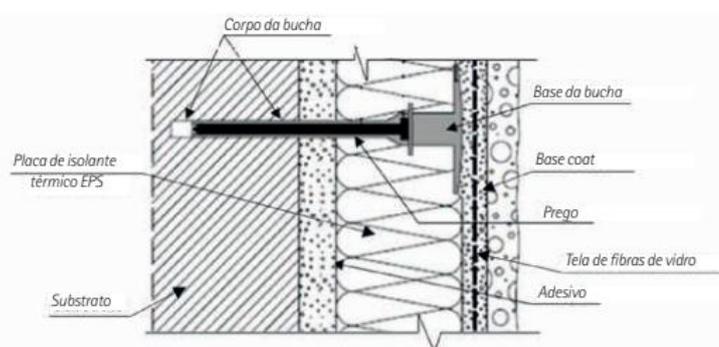
Analisando e propondo melhorias no desempenho higrotérmico das paredes da envoltória seria possível reduzir o desenvolvimento dos fungos e melhorar o conforto térmico do ambiente interno nas habitações com parede de concreto.

Atualmente há no mercado um sistema de revestimento que promete melhorar o desempenho térmico da edificação, comercialmente chamado de *Exterior Insulation and Finish Systems*, EIFS. Ele pode ser aplicado em edifícios novos e antigos e o método de fixação varia conforme o tipo de composição do sistema, podendo ser mecânica ou adesiva.

O EIFS é um revestimento de multicamadas e seu principal objetivo é o isolamento térmico. Há no mercado várias opções deste revestimento, que variam os materiais pertencentes ao sistema, e tem alta variedade de opções de acabamentos,

alternando as cores, texturas e formas, permitindo uma liberdade para desenvolver a arquitetura da edificação. Além disso, há no mercado variações que possuem propriedades auto-limpantes na superfície, que são limpas com água da chuva, que também minimizam o desenvolvimento de fungos e algas. Desta forma, não exigem muitas manutenções periódicas na fachada externa. As camadas do sistema estudado para o desenvolvimento deste trabalho podem ser visualizadas na figura 03. E os componentes do revestimento são adesivos, isolante térmico e base coat, eles são aplicados em um substrato e devem seguir as especificações da ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013).

Figura 3: Componentes do revestimento EIFS.



Fonte: Silva (2015)

Para instalação do revestimento EIFS o substrato também deve seguir algumas especificações da ETAG 004, 2013, já que servirá de base para fixação do sistema e deverá resistir às tensões geradas pela instalação do revestimento.

O substrato que receberá o revestimento deverá ser estável, estanque e resistente. Para verificar se a fachada tem capacidade de receber o revestimento devemos analisar as suas propriedades, sendo elas, porosidade, teor de umidade, resistência à tração e absorção de água do material e a rugosidade da superfície de aplicação em caso de utilização do sistema com adesivo. Além disso, a ETAG 004, 2013 determina que só devem utilizar o revestimento EIFS em elementos de envoltória pesados, como alvenarias de blocos de concreto, painéis pré-fabricados ou pré-moldados de concreto, e no caso deste estudo, as paredes de concreto. (OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2020).

Conforme Duarte (2008), há outros itens a serem analisados no momento da aplicação, como a temperatura superficial do substrato que deve ser $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. A resistência mínima à tração do concreto da fachada deve ser $R_a \geq 1,5\text{ N/mm}^2$

em condições secas. Além disso, para realizar a aplicação do adesivo do revestimento, a superfície deve estar limpa, sem presença de poeira ou partículas soltas; as fissuras maiores que 5 mm devem ser tratadas com antecedência; E para realizar a aplicação deve ter cuidado se a superfície não está molhada por chuvas.

Analisando as paredes de concreto das fachadas, a superfície não possui tanta rugosidade, desta forma há uma solução proposta por Antunes (2016) que é a aplicação de um chapisco ou um adesivo químico específico para a finalidade de aplicar o revestimento no substrato. Outro ponto a ser analisado, é a absorção de água do concreto que se for alta pode absorver a água presente na argamassa polimérica que são utilizadas como adesivo do revestimento.

Para fixação do revestimento ao substrato é utilizado argamassa polimérica como forma de adesivo. Essa etapa é de extrema importância no processo, pois permite um melhor desempenho do sistema garantindo a aderência do isolante térmico à superfície de fachada. (OLIVEIRA; TEIXEIRA, 2020)

A ETAG 004, 2013 especifica o tempo máximo entre a aplicação da argamassa no substrato e do revestimento sobre ele e determina que os adesivos devem passar por ensaios de resistência à tração e ao cisalhamento, avaliando sua resistência à aderência, e ensaios de resistência ao fogo, considerando o material orgânico da argamassa. Se o material possuir teor orgânico > 15% devem ser realizados os ensaios conforme a norma técnica. E os adesivos com teor ≤15 % de sua massa seca podem ser utilizados para fixação do sistema, sem a necessidade de ensaios prévios, pois suas propriedades permitem um bom comportamento ao fogo (OLIVEIRA, TEIXEIRA; 2020).

Para auxiliar na fixação das camadas de revestimento deve ser utilizado buchas de polipropileno com prego de plástico ou aço, no mínimo duas por placa, a quantidade ideal depende da superfície do substrato e como foi aplicado a argamassa polimérica (OLIVEIRA, TEIXEIRA; 2020).

O próximo componente do sistema é o isolante térmico, pode ser utilizado diversos materiais para esta finalidade, como EPS, XPS, lã de rocha, lã mineral, poliuretano, derivados de madeira, espumas rígidas de silicato e fenólicas, cortiça expandida e aerogel. O modelo clássico do EIFS costuma utilizar o EPS na composição de isolante térmico. E para este estudo será considerado este material de isolamento, devido a facilidade no acesso e baixo custo.

O componente de isolamento tem a função de garantir um melhor desempenho térmico e acústico para o ambiente interno das edificações, por isso ele deve ser dimensionado para auxiliar no aumento da resistência térmica da parede de envoltória. Conforme Perdigão (2013), este material deve ser estável e suportar as variações térmicas e umidade, deve ser pouco permeável à água, não propagar chamas e para compensar o custo de instalação ter uma boa durabilidade.

Os parâmetros mínimos para o isolante térmico em EPS do revestimento EIFS estão demonstrados na tabela 05, são definidos conforme a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013) e a SINAT 011 (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017).

Tabela 3: Parâmetros para o isolante térmico em EPS

| Descrição | Parâmetros |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Espessura | Mínima de 5 mm (ETAG 004:2013) |
| Resistência ao Cisalhamento | $\geq 0,03 \text{ N/mm}^2$ |
| Condutividade térmica | $\leq 0,065 \text{ W/(m.K)}$, conforme ETAG 004 $\leq 0,06 \text{ W/(m.K)}$, conforme SINAT 011 |
| Resistência Térmica | $\geq 0,5 \text{ m}^2.\text{K} / \text{W}$ |
| Absorção de água total | $< 35 \%$ |
| Módulo de Elasticidade transversal | $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$ |
| Permeabilidade ao vapor de água | $< 60 \text{ m}$ |

Fonte: Adaptado de Oliveira, Teixeira (2020)

O EPS tem boa permeabilidade ao vapor d'água, desta forma há pouca probabilidade de ter pontos de acúmulo de umidade por longos períodos em seu interior, ou seja, se as condições climáticas permitirem, a secagem deste material ocorre de forma rápida (PRIMO, 2008). Sendo assim, este isolante em EPS, aumenta as chances de não haver focos de umidade no revestimento, principal influenciador na geração dos microrganismos. É importante ressaltar que pode ocorrer a deterioração do EPS caso tenha muito contato com água, não ter saída do vapor d'água por alguma falha de funcionamento (MALANHO, 2012).

A camada seguinte é composta por uma base de argamassa com resinas sintéticas mais uma malha de reforço, no qual se utiliza uma tela de fibras de vidro alcali resistente. A base de argamassa serve como um impermeabilizante, impedindo a entrada de água, mas permite a saída do vapor d'água. E a malha de reforço serve para resistir aos esforços externos em que o revestimento será

submetido, também auxilia na contenção da dilatação, e das fissuras que podem ocorrer no encontro de placas. (SOUZA, 2010)

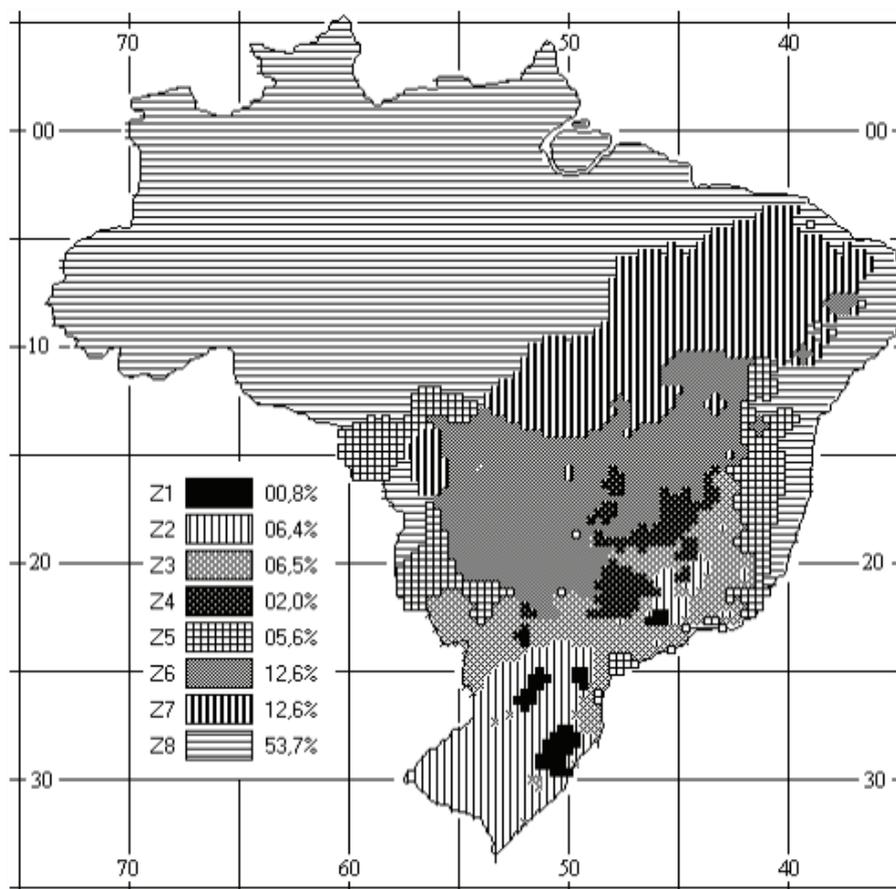
2.5 Zonas bioclimáticas do Brasil

Como já mencionado, devido ao desenvolvimento do Brasil, ocorreu uma grande necessidade de novas moradias para abrigar a população que se enquadra no contexto social de baixa renda. Algumas grandes construtoras investiram em realizar habitações que atendam esta demanda. Com o objetivo de reduzir custos e executar empreendimentos em maior velocidade, as empresas não conseguiram manter um padrão de qualidade, e o conforto térmico e acústico dos ambientes internos não eram adequados para moradias.

Atualmente percebe-se o quanto é importante o desempenho térmico da edificação, tanto para conforto como redução do consumo de energia e como visto pode evitar a manifestação de patologias como geração de microrganismos. Desta forma foi disponibilizado duas normas que auxiliam os projetistas e construtores no projeto e execução de habitações. As normas atuantes são A NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações, 2005, e a NBR 15575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais, 2013.

O item 11 Desempenho térmico da NBR 15575, demonstra recomendações para o projeto, tendo como objetivo conforto térmico no interior de edificações. Assim como a NBR 15220, que apresenta na parte 3 o zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Atualmente o território do Brasil está classificado em 8 zonas bioclimáticas, que separa as regiões que possuem condições climáticas semelhantes, estão separadas conforme figura 04.

Figura 4: Mapeamento zonas bioclimáticas brasileiras.



Fonte: ABNT NBR 15220: Desempenho térmico de Edificações, 2005.

Além de caracterizar as zonas bioclimáticas, a norma também estabelece diretrizes construtivas para cada zona.

- **Zona bioclimática 1**

Esta zona representa ao menor percentual territorial, com total de 0,8%. Nesta condição estão inseridas cidades como São Francisco de Paula/RS, Campos do Jordão/SP e São Joaquim/SC. São lugares que apresentam clima subtropical úmido, sem estações secas. Seus verões costumam ser frescos e o inverno frio.

Para esta zona as recomendações são de aberturas médias, uso de aquecimento solar, paredes internas pesadas e aquecimento artificial no inverno.

- **Zona bioclimática 2**

A zona bioclimática 2 representa 6,4% do território brasileiro. As cidades desta região apresentam um clima subtropical quente e temperado, e caracteriza-se pela grande frequência e quantidade de chuva durante o ano. Cidades como São Lourenço/MG, Ponta Grossa/PR e Teresópolis/RJ estão caracterizadas nesta zona.

Assim como para zona 1, recomenda-se aberturas médias, paredes internas pesadas e uso de aquecimento solar, também estabelece a necessidade de ventilação cruzada no verão.

- **Zona bioclimática 3**

Esta zona bioclimática representa 6,5 % do território do Brasil, cidades como Foz do Iguaçu/PR, Porto Alegre/RS e São Paulo/SP estão classificadas nesta zona. O clima tropical de altitude desta região costuma apresentar bastante chuvas durante o verão, e no inverno secos.

A norma estabelece para esta zona os mesmos itens da zona bioclimática 2, aberturas médias, paredes internas pesadas, uso de aquecimento solar e necessidade de ventilação cruzada no verão.

- **Zona bioclimática 4**

A zona bioclimática 4 engloba somente 2% do território brasileiro. Nesta zona estão cidades como Brasília/DF, Ribeirão Preto/SP e Oliveira/MG. O clima caracteriza-se pela grande quantidade de chuva no verão e secas no inverno.

A norma estabelece para esta zona aberturas médias com sombreamento durante o verão, paredes pesadas, cobertura leves com isolamento térmico, aquecimento solar no inverno, refrigeração evaporativa no verão e ventilação seletiva no verão.

- **Zona bioclimática 5**

A zona bioclimática 5 ocupa 5,6% do território brasileiro. O clima desta região é predominantemente tropical, com temperaturas elevadas e há maior volume de chuva no verão do que no inverno. Cidades que são caracterizadas nesta zona são Niterói/RJ, Leopoldina/MG e Santos/SP.

Para esta zona a norma estabelece aberturas médias com sombreamento, paredes internas pesadas, e ventilação cruzada no verão.

- **Zona bioclimática 6**

A zona climática 6 apresenta um clima quente e subúmido, com bastante volume de chuva durante o verão. Cidades como Goiana/GO, Presidente Prudente/SP e Campo Grande/MS estão presentes nesta área que ocupa taxa de 12,6% do território brasileiro.

A norma estabelece projetos com aberturas médias com sombreamento, paredes internas pesadas, refrigeração evaporativa para o verão, e ventilação seletiva para o verão.

- **Zona bioclimática 7**

A zona bioclimática 7 representa, assim como a zona 6, 12,6% do território brasileiro. Pertence a esta zona cidades como Teresina/PI, Cuiabá/MT e Imperatriz/MA. O clima é tropical quente e úmido com altas temperaturas durante todo o ano. Conta com um longo período de chuva e em seguida, de junho a novembro um período de seca.

Para esta zona a norma estabelece aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, paredes pesadas, refrigeração evaporativa para o verão, ventilação seletiva para o verão e se faz necessário o uso de refrigeração artificial.

- **Zona bioclimática 8**

Esta zona bioclimática representa a maior taxa do território brasileiro, com um total de 53,7%. O clima desta zona é equatorial quente e úmido, possui altas temperaturas durante todo o ano e devido a presença da floresta Amazônica nesta região possui altos índices pluviométricos.

A norma estabelece para esta zona aberturas grandes e totalmente sombreadas, paredes leves, ventilação cruzada o ano todo, também se faz necessário o uso de refrigeração artificial.

Considerando os climas caracterizados em cada zona e as diretrizes da norma para cada projeto diferente conforme a zona bioclimática em que será construída, percebe-se que há um problema quando definimos um padrão de projeto e o aplicamos em todas as regiões do Brasil. Apesar de economizar com novas formas e projetos, o desempenho térmico será um problema em muitas zonas, já que cada uma tem sua característica e exige um modelo de projeto diferente.

3 METODOLOGIA

No referencial teórico foi identificado quais condições facilitam o desenvolvimento de fungos nas fachadas, buscando soluções para este problema foram elaboradas propostas para aumentar a ventilação dos ambientes, diminuir o teor de umidade das superfícies das paredes, melhorar o conforto térmico e minimizar a proliferação dos microrganismos. Estas propostas foram analisadas nas oito zonas bioclimáticas do Brasil, através do software computacional Wufi, buscando identificar através de comparações em quais condições serão maiores as probabilidades de ocorrência de fungos nas superfícies das paredes.

3.1 Habitação padrão

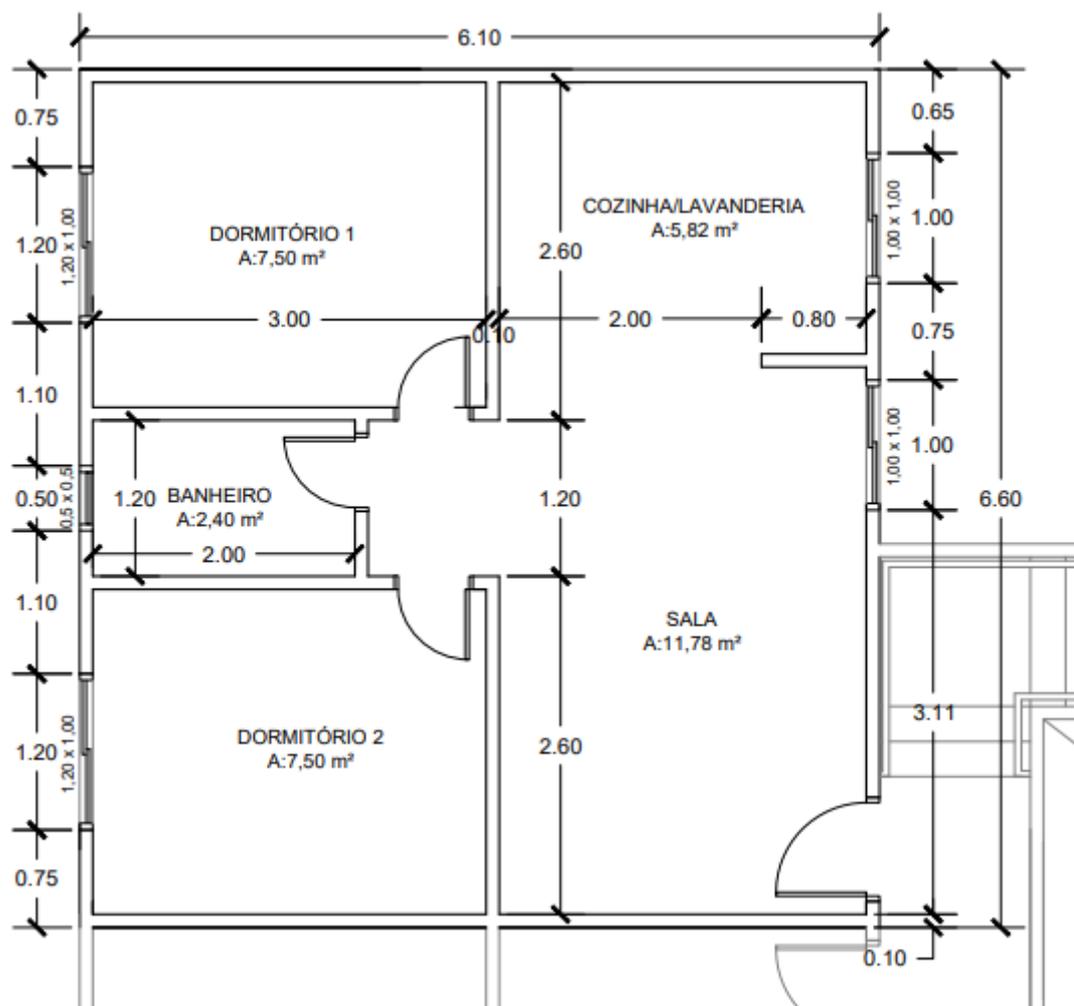
A primeira simulação analisada no software computacional possui geometria e características padrões aos programas de habitações de interesse social, onde os moradores de algumas regiões relatam problemas com desempenho térmico, ventilação e desenvolvimento de fungos nas paredes internas.

3.1.1 Definição dos parâmetros da Habitação Padrão

Para realização da simulação é necessário definir os parâmetros que serão inseridos como dados de entrada do programa. Os parâmetros que são padrões a todos as simulações foram definidos no item 3.6.3.

- Geometria: Foi utilizado como base para esta simulação um projeto de uma habitação em um condomínio vertical com 5 pavimentos construído com paredes de concreto moldadas *in loco*. Na figura 5 é possível observar o projeto do apartamento que contém uma área total de 40,26 m², com dois quartos, um banheiro, sala e cozinha integradas.

Figura 5: Planta baixa do projeto de habitação padrão.



Fonte: Elaborado pela autora.

- Materiais: Nesta simulação foi adotado as paredes de concreto maciço com 10 cm de espessura revestidas com textura acrílica nas paredes internas e externas com espessura de 2,5 mm. Foi considerado que o banheiro possui azulejo até o teto em todas as paredes e na cozinha possui azulejo até 1,5 metros do piso na parede da janela. Na Tabela 4 estão demonstradas as espessuras dos elementos e propriedades térmicas dos materiais constituintes desta simulação, conforme a NBR 15220-2:2005 e banco de dados do software Wufi Plus.

Tabela 4 Propriedades térmicas dos materiais habitação padrão.

| Descrição | Material | e (cm) | ρ (kg/m ³) | λ (W/(m.K)) | C (kJ/(kg.K)) |
|--------------|------------------|--------|-----------------------------|---------------------|---------------|
| Rev. externo | Textura acrílica | 0,3 | 1720 | 0,371 | 0,84 |

| | | | | | |
|--------------|-------------------|-----|------|-------|------|
| Parede | Concreto | 10 | 2300 | 1,373 | 1 |
| Rev. Interno | Argamassa colante | 0,4 | 2000 | 1,15 | 1 |
| Rev. Interno | Cerâmica | 1 | 2000 | 1,15 | 1 |
| Rev. interno | Reboco de gesso | 1,5 | 1200 | 0,5 | 0,84 |
| Janelas | Vidro | 0,6 | 2500 | 1 | 0,84 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Aberturas: As janelas adotadas nesta simulação são de alumínio com vidro, padrões a este tipo de empreendimento, na tabela 5 é possível identificar o tipo de janela, as dimensões e qual a relação entre abertura útil e área de piso (Pv, APP). As janelas dos dormitórios, sala e cozinha são de duas folhas, por isso a abertura útil é somente metade da área total.

Tabela 5: Relação das janelas do projeto padrão.

| Ambiente | Tipo janela | Dimensões (m) | Abertura útil (m²) | PV, APP |
|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Dormitório 1 | Duas folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Dormitório 2 | Duas folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Banheiro | Maxim-ar | 0,5x0,5 | 0,048 | 2% |
| Sala | Duas folhas | 1,00x1,00 | 0,405 | 3% |
| Cozinha | Duas folhas | 1,00x1,00 | 0,405 | 7% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a norma de desempenho NBR 15.575-4:2021, o percentual mínimo do Pv, APP para as regiões das zonas bioclimáticas de 1 a 7 é 7% e para a zona 8 na região norte do Brasil é 12% e para as regiões nordeste e sudeste é 8%. Sendo assim, as janelas da sala e banheiro não atendem aos requisitos da norma para as zonas de 1 a 7 e para a ZB8 nenhuma delas está de acordo.

- Ventilação: Como nesta simulação as janelas são de alumínio com vidro e considerando que ficam abertas poucas horas por dia, será adotado para este projeto a taxa mínima de ventilação, que conforme a norma alemã DIN 4108-2 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2013) é de 0,5 renovação por hora.

3.2 Habitação com revestimento EIFS

Com o intuito de melhorar o conforto térmico e analisar qual o impacto disto no desenvolvimento de fungos foi realizado uma simulação com o projeto padrão, porém utilizando como revestimento externo o sistema EIFS.

3.2.1 Definição dos parâmetros Habitação com revestimento EIFS

- Geometria: O projeto utilizado para esta simulação seguirá o mesmo da habitação padrão (Figura 5).

- Materiais: Para esta simulação foi considerado a parede de concreto com 10 cm de espessura, o revestimento interno com aplicação de tinta acrílica da cor branca com espessura de 2,5 mm, e o revestimento externo com sistema EIFS de EPS com 3 cm de espessura. Na Tabela 6 estão demonstradas as propriedades térmicas dos materiais constituintes desta simulação, esses dados foram retirados da NBR 15220-2:2005 e base de dados do software Wufi Plus.

Tabela 6: Propriedades térmicas dos materiais da habitação com EIFS

| Descrição | Material | e (cm) | ρ (kg/m ³) | λ (W/(m.K)) | C (kJ/(kg.K)) |
|--------------|----------------|--------|--------------------------------|------------------------|------------------|
| Rev. externo | Base coat | 0,3 | 1560 | 1,15 | 1 |
| | EPS | 5 | 25 | 0,04 | 1,42 |
| Parede | Concreto | 10 | 2300 | 1,75 | 1 |
| Rev. interno | Tinta Acrílica | 0,25 | 1720 | 0,371 | 0,84 |
| Janelas | Vidro | 0,6 | 2500 | 1 | 0,84 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Aberturas: Para comparação ser efetiva serão utilizadas o mesmo padrão de janela, com as mesmas dimensões e abertura útil, conforme Tabela 5.

- Ventilação: Como as janelas permanecem as mesmas da simulação de habitação padrão, a renovação de ar adotada será de 0,5/ h.

3.3 Habitação com venezianas para ventilação

Para analisar a influência da ventilação no desenvolvimento dos fungos, foi proposto um projeto com venezianas para auxiliar na renovação do ar do ambiente. Foi realizado um cálculo buscando um total de 5 renovações por hora nos ambientes dos dormitórios e na sala e cozinha.

Conforme é possível ver no projeto da Figura 6, grande parte das paredes da sala fazem divisa com outro apartamento ou com a circulação comum do prédio, então foi optado por inserir uma veneziana na parede da cozinha com a intenção de atender sala e cozinha.

Para o cálculo utilizou-se uma velocidade média de vento de 1,3 m/s, obtido através da média dos dados climáticos de todas as zonas bioclimáticas demonstrados nas Tabelas 12 e 13. E foi adotado um pé direito de 2,6 metros, padrão a este tipo de empreendimento.

- Dormitórios 1 e 2
 - Dados para dimensionamento:
 - Área total = 7,50 m²
 - Volume: 7,50 m² x 2,60 m = 19,5 m³
 - Velocidade vento (Vm): 1,3 m/s
 - Vazão desejada (Qr): 5 x 19,5 = 97,5 m³/h (Considerando 5 renovações por hora)
 - Determinação da área efetiva (Aeff):

$$A_{eff} = \frac{Q_r}{V_m \times 3600}$$

$$A_{eff} = \frac{97,5}{1,3 \times 3600}$$

$$A_{eff} = 0,021 \text{ m}^2$$

- Cozinha/Sala
 - Dados para dimensionamento:
 - Área total: 5,82 + 11,78 = 17,6 m²
 - Volume: 17,6 m² x 2,60 m = 45,76 m³
 - Velocidade vento (Vm): 1,3 m/s
 - Vazão desejada (Qr): 5 x 45,76 = 228,8 m³/h (Considerando 5 renovações por hora)
 - Determinação da área efetiva (Aeff):

$$A_{eff} = \frac{Q_r}{V_m \times 3600}$$

$$A_{eff} = \frac{228,8}{1,3 \times 3600}$$

$$A_{eff} = 0,049 \text{ m}^2$$

Após encontrar a área efetiva necessária para renovar o ar dos ambientes 5 vezes por hora foi comparado os valores com o catálogo de tomada de ar externo da Finco (Tabela 7) para obtenção de uma grelha que atenda a demanda necessária.

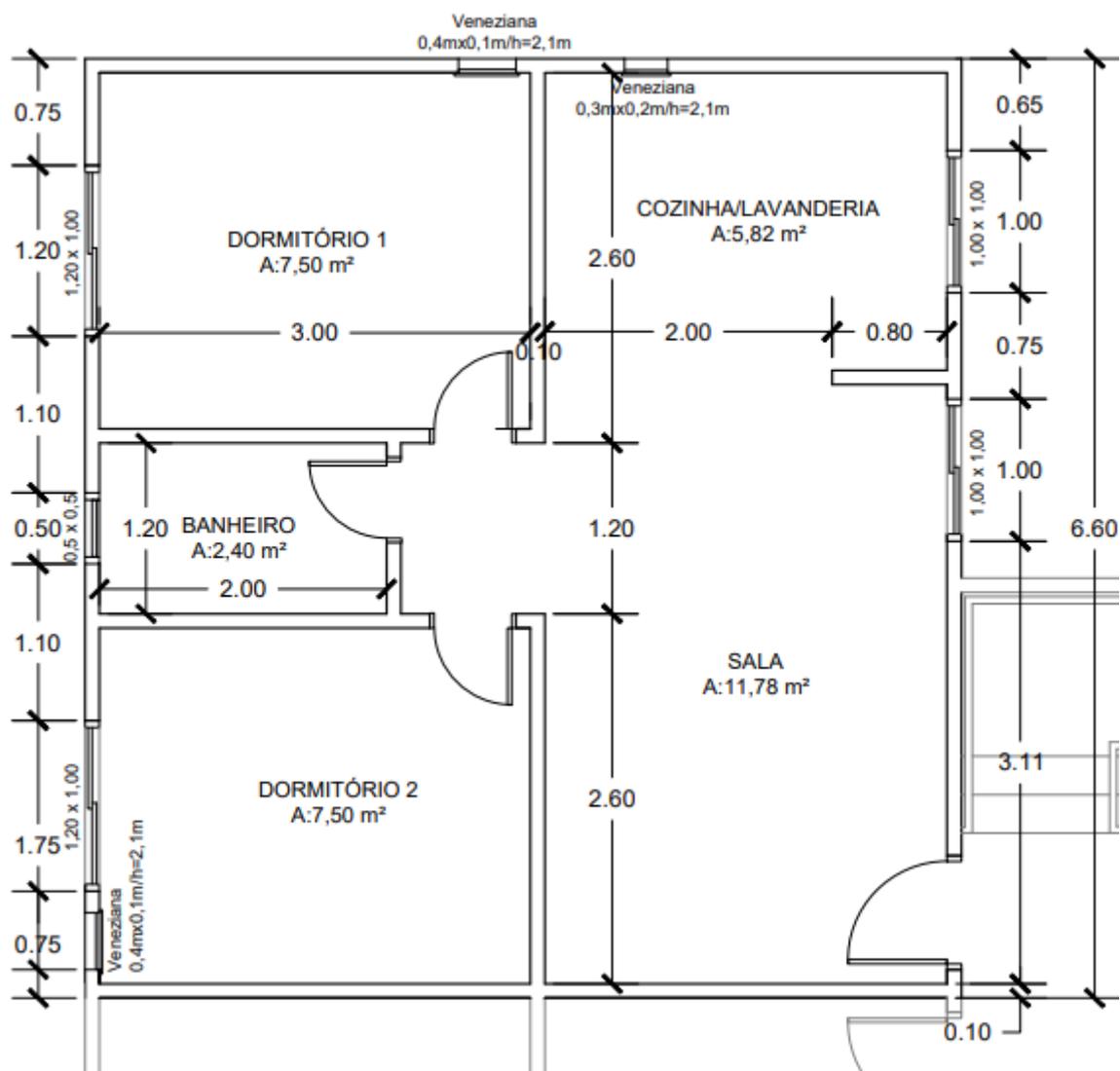
Tabela 7: Área efetiva conforme tamanho das grelhas.

| Área Efetiva Aeff (m ²) | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H (mm) | B (mm) | | | | | | |
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 |
| 100 | 0,007 | 0,014 | 0,020 | 0,027 | 0,034 | 0,041 | 0,054 |
| 200 | 0,017 | 0,034 | 0,050 | 0,067 | 0,084 | 0,101 | 0,134 |
| 300 | 0,027 | 0,054 | 0,080 | 0,107 | 0,134 | 0,161 | 0,214 |
| 400 | 0,037 | 0,074 | 0,110 | 0,147 | 0,184 | 0,221 | 0,294 |
| 500 | 0,047 | 0,094 | 0,140 | 0,187 | 0,234 | 0,281 | 0,374 |
| 600 | 0,057 | 0,114 | 0,170 | 0,227 | 0,284 | 0,341 | 0,454 |
| 800 | 0,077 | 0,154 | 0,230 | 0,307 | 0,384 | 0,461 | 0,614 |
| 1000 | 0,097 | 0,194 | 0,290 | 0,387 | 0,484 | 0,581 | 0,774 |
| 1200 | 0,117 | 0,234 | 0,350 | 0,467 | 0,584 | 0,701 | 0,934 |

Fonte: Adaptado do Catálogo da Finco.

Sendo assim, foram adotadas venezianas com dimensões de 400mmx100mm para cada dormitório e na cozinha uma com dimensões de 300mmx200m, conforme Figura 6, foram locadas próximas ao teto, e aos cantos pois estas regiões possuem maior incidência do desenvolvimento dos fungos devido as pontes térmicas.

Figura 6: Projeto habitação com venezianas para ventilação.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.1 Definição dos parâmetros da Habitação com venezianas

- Materiais: Os materiais utilizados nesta simulação são iguais ao da habitação padrão, demonstrados no item 3.1.1

- Aberturas: Para garantir a melhor solução de ventilação nesta habitação foram adotadas janelas com V_p , APP superiores a 7%, para atender a NBR 15.575-4:2021 na maioria das zonas bioclimáticas, de 1 a 7. As esquadrias são de alumínio com vidro, modelo padrão para este tipo de empreendimento. Foi considerado uma abertura de 45° para as janelas Maxim-ar, permitindo uma abertura de 30%. A área útil e dimensões das janelas ficaram conforme Tabela 8.

Tabela 8: Relação das janelas do projeto com venezianas.

| Ambiente | Tipo janela | Dimensões (m) | Abertura útil (m²) | PV, APP |
|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Dormitório 1 | Três folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Dormitório 2 | Três folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Banheiro | Maxim-ar | 0,8x0,8 | 0,1715 | 7% |
| Sala | Três folhas | 1,20x1,50 | 0,77 | 7% |
| Cozinha | Três folhas | 1,00x1,00 | 0,405 | 7% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Ventilação: Com o intuito de obter 5 renovações de ar nos ambientes foram inseridas venezianas conforme Figura 6, por isso será adotado na simulação a ventilação de 5/h.

3.4 Habitação com aberturas de acordo com a NBR 15.575

A NBR 15.575 regulamenta que os vãos de abertura das janelas dos ambientes de permanência prolongada devem seguir as diretrizes do local de construção e quando não houver legislação vigente deverá ser adotado taxas de abertura de útil em relação a área de piso superiores a 7% para as zonas bioclimáticas de 1 a 7 e para a zona 8 na região norte a taxa é de 12% e nas regiões nordeste e sudeste a taxa é de 8% conforme Tabela 15 da NBR 15575-4:2021.

Conforme mencionado anteriormente, as aberturas das habitações padrões não atendem a norma de desempenho para todas as zonas bioclimáticas. Nesta simulação foram substituídas todas as janelas menores ao percentual da norma

3.4.1 Definição das aberturas conforme zona bioclimática

- **Zonas bioclimáticas de 1 a 7:**

Considerando a NBR 15.575 foi definido novos tamanhos de abertura, observados na Tabela 9, e definido a utilização de janelas com venezianas, o que permite a renovação de ar. A abertura útil destas janelas continua sendo 50% da área, porém permite ventilação através das venezianas se o vidro ficar aberto. Para esta simulação foram consideradas uma abertura de 60° para as janelas do tipo maxim-ar do banheiro, o que permite uma abertura útil de 50% da área.

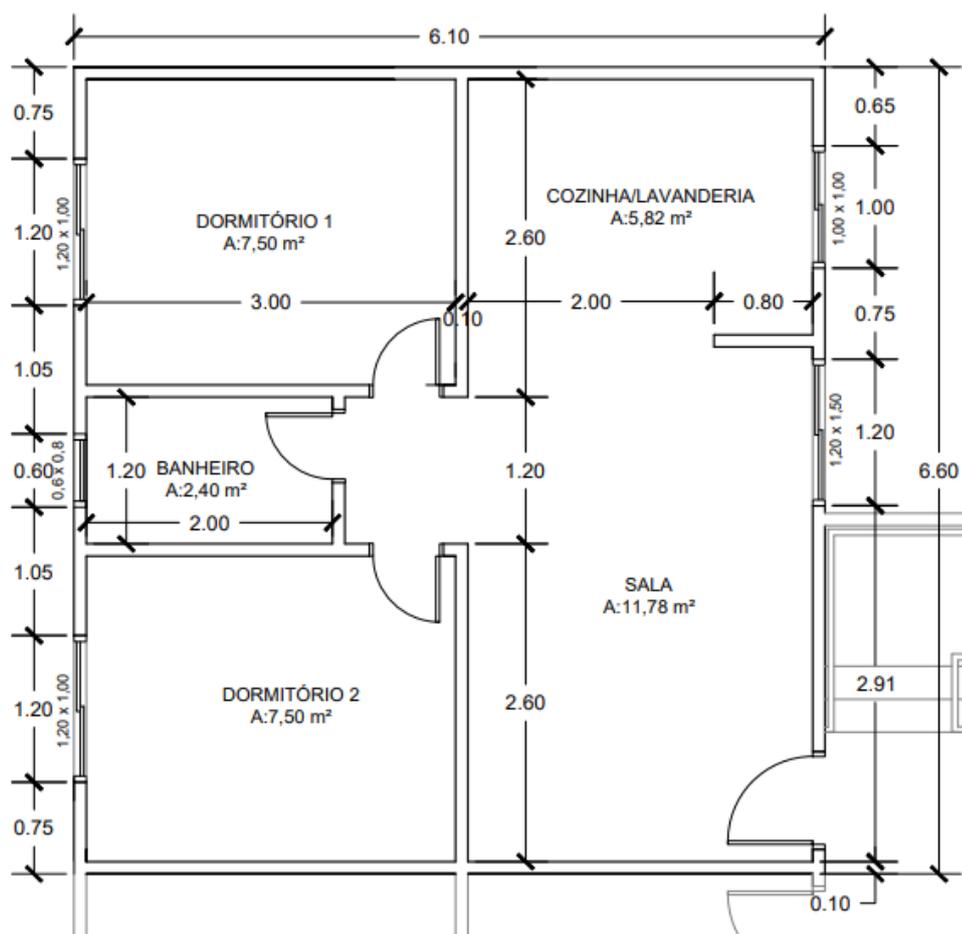
Tabela 9: Aberturas de janela para as zonas bioclimáticas de 1 a 7

| Ambiente | Tipo janela | Dimensões (m) | Abertura útil (m ²) | PV, APP |
|--------------|-------------|---------------|---------------------------------|---------|
| Dormitório 1 | Três folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Dormitório 2 | Três folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 7% |
| Banheiro | Maxim-ar | 0,6x0,8 | 0,175 | 7% |
| Sala | Três folhas | 1,20x1,50 | 0,77 | 7% |
| Cozinha | Três folhas | 1,00x1,00 | 0,405 | 7% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, a geometria utilizada nesta simulação ficou igual as anteriores, porém com vãos de janelas diferentes, conforme é possível observar na Figura 7.

Figura 7: Geometria projeto de habitação com aberturas conforme norma para zonas de 1 a 7.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Zona bioclimática 8: Regiões nordeste e sudeste

Para as regiões nordeste e sudeste do Brasil da zona bioclimática 8 o mínimo exigido pela norma é um percentual de Pv,APP de 8%, foram definidos novos tamanhos para as esquadrias e considerado janelas com três folhas e veneziana. Assim como na simulação das zonas de 1 a 7, foi considerado uma abertura de 60° das janelas Maxim-ar do banheiro.

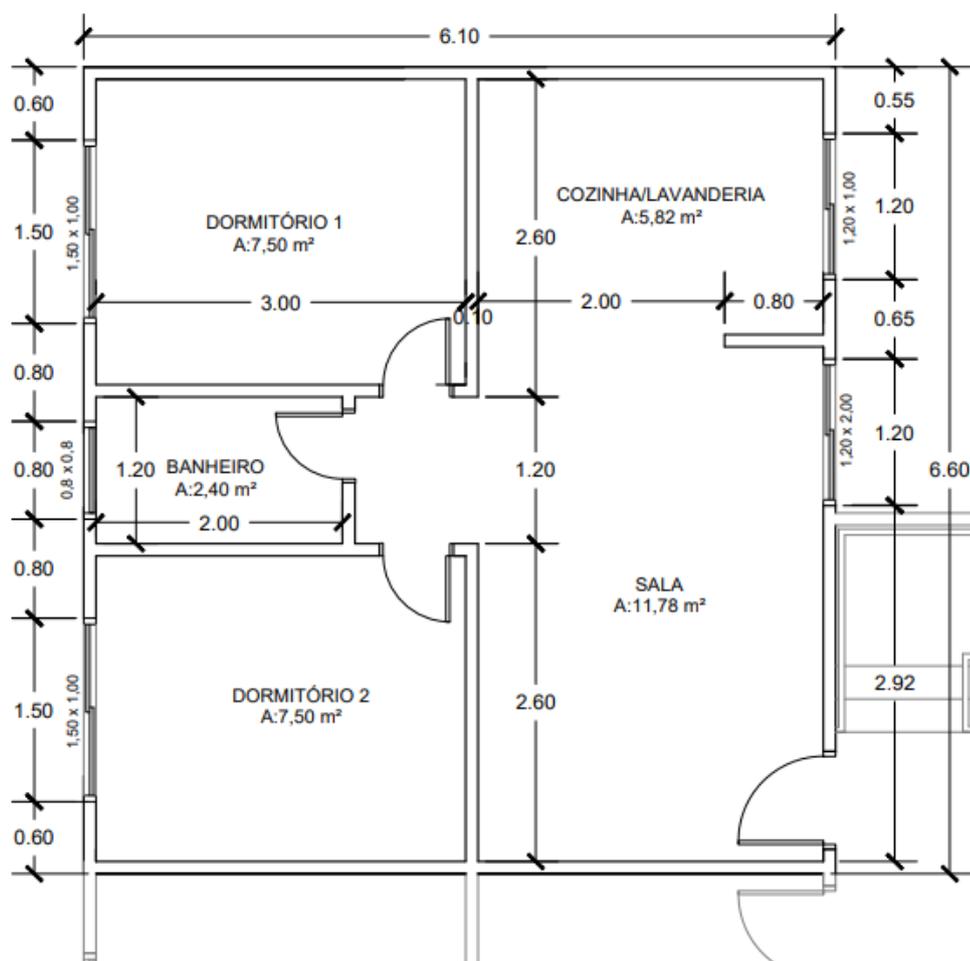
Tabela 10: Aberturas de janela para a zona bioclimática 8 – Nordeste e sudeste.

| Ambiente | Tipo janela | Dimensões (m) | Abertura útil (m²) | PV, APP |
|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|
| Dormitório 1 | Três folhas | 1,50x1,00 | 0,63 | 8% |
| Dormitório 2 | Três folhas | 1,50x1,00 | 0,63 | 8% |
| Banheiro | Maxim-ar | 0,8x0,8 | 0,245 | 10% |
| Sala | Três folhas | 1,20x2,00 | 1,045 | 9% |
| Cozinha | Três folhas | 1,20x1,00 | 0,495 | 9% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 8 está representado a geometria utilizada nesta simulação, que continua a mesma das simulações anteriores, porém o vão da janela muda conforme a Tabela 10.

Figura 8: Projeto de habitação com aberturas conforme a norma para as regiões nordeste e sudeste da zona 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Zona bioclimática 8: Região Norte**

Para a região norte da zona bioclimática 8 o mínimo exigido pela NBR 15.575-4 é uma taxa de 12% de área da abertura útil em relação a área de piso. Na Tabela 11 foram apresentadas as novas dimensões das janelas que serão do mesmo tipo das simulações de abertura de janelas conforme a norma.

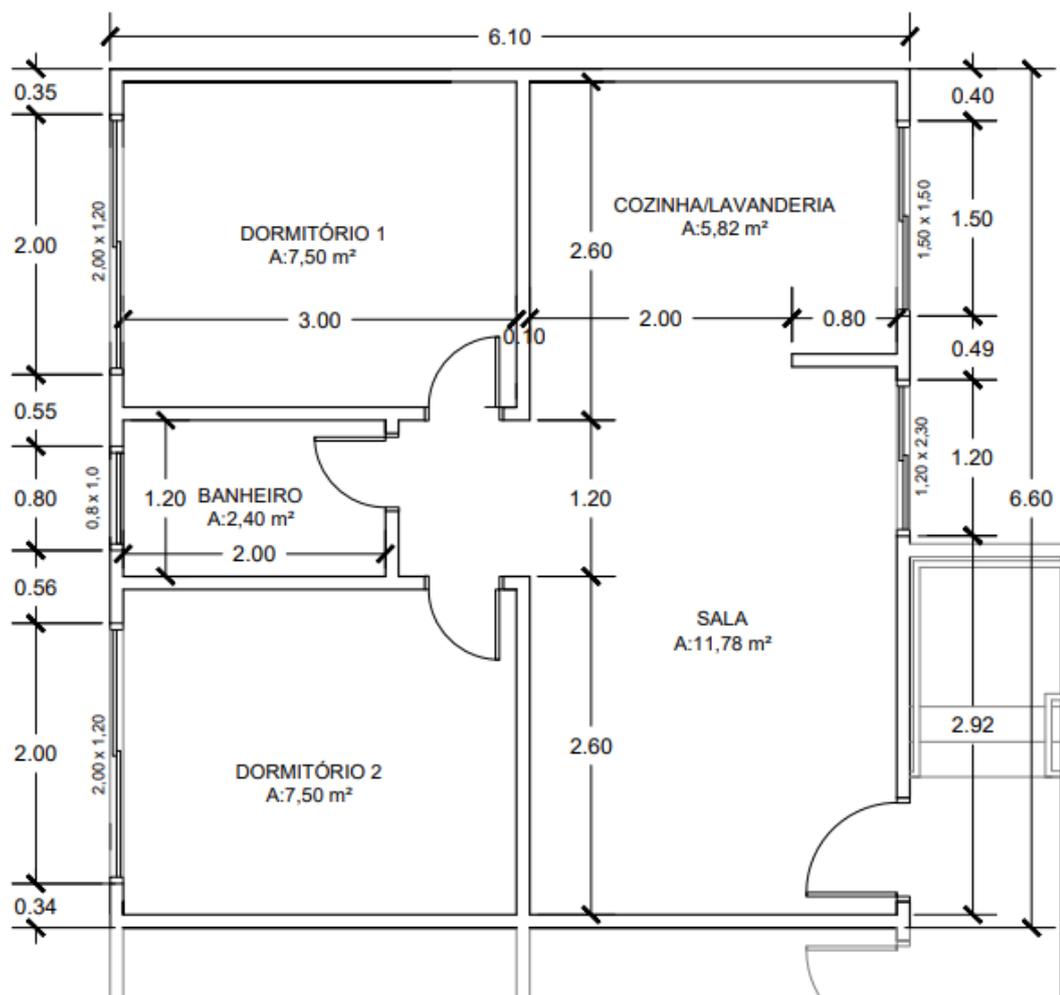
Tabela 11: Aberturas de janela para a zona bioclimática 8 – Norte

| Ambiente | Tipo janela | Dimensões (m) | Abertura útil (m²) | PV, APP |
|--------------|-------------|---------------|--------------------|---------|
| Dormitório 1 | Três folhas | 1,20x2,00 | 1,045 | 14% |
| Dormitório 2 | Três folhas | 1,20x2,00 | 1,045 | 14% |
| Banheiro | Maxim-ar | 0,8x1,00 | 0,315 | 13% |
| Sala | Três folhas | 1,50x2,00 | 1,365 | 12% |
| Cozinha | Três folhas | 1,20x2,00 | 1,045 | 14% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 9 está apresentado a nova geometria de projeto com os vãos demonstrados na Tabela 11.

Figura 9: Geometria habitação com aberturas conforme a norma para região norte da zona 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2 Definição dos parâmetros de habitação com janelas conforme a norma

- **Materiais:** Nesta simulação foi adotado as paredes de concreto maciço com 10 cm de espessura revestidas com textura acrílica nas paredes internas e externas.com espessura de 2,5 mm. Foi considerado que o banheiro possui azulejo até o teto em todas as paredes e na cozinha possui azulejo até 1,5 metros do piso na parede da janela.

- Ventilação: Conforme a NBR 15.575 deve ser utilizado taxa de renovação de 1/h para janelas fechadas e de 5/h para janelas abertas, desta forma será adotado para estas simulações 1 renovação por hora, considerando que as janelas permanecem fechadas durante grande parte do dia.

3.5 Simulação computacional

Após a coleta de todos os dados necessários e definição dos parâmetros foi necessário a utilização de um software para a simulação do desempenho higrotérmico das propostas apresentadas, para isto foi utilizado o Wufi-Plus, um programa desenvolvido pela *Fraunhofer Institute for Building Physics* (IBP) com o intuito de analisar o transporte de calor e umidade de uma edificação. Posteriormente os dados obtidos desta simulação foram transferidos para o Wufi-Bio, que tem como intuito demonstrar as probabilidades de ocorrência de fungos baseado no método de Sedlbauer.

3.5.1 Wufi Plus

O software Wufi Plus foi desenvolvido a fim de simular as condições higrotérmicas de uma edificação, analisando o transporte simultâneo de calor e umidade através da envoltória que está exposta as condições climáticas do ambiente. Além disso ele também considera as variáveis internas da habitação, como liberação de calor e vapor pelos moradores e a ventilação natural.

Para que a simulação seja realizada e apresente as informações corretamente é necessário informar todos os dados de entrada exigido pelo programa. Neste trabalho foram inseridas as seguintes informações:

- Dados de entrada:
 - Geometria da edificação: Projeto da edificação a ser analisada.
 - Dados climáticos do local;
 - Definição das paredes a serem analisadas;
 - Materiais, propriedades e espessuras dos componentes da edificação: O software possui um banco de dados com vários materiais cadastrados e permite a inserção de novos, se necessário, ou modificação das propriedades.
 - Taxa de ocupação e umidade gerada no ambiente interno;

- Cor da fachada;
- Altura: Altura da edificação acima do terreno. Importante para cálculo da chuva.
- Taxa de ventilação;
- Orientação: Disponibiliza orientação nos 4 pontos cardiais, norte, sul, leste e oeste.
- Inclinação: O software considera a entrada de 90° graus correspondente uma parede vertical e 0° uma cobertura plana.

Após a inserção dos dados de entrada o programa irá informar resultados da simulação, como temperatura e umidade relativa do ambiente interno, teor de umidade nos elementos para o período estudado, o volume de ar renovado, gráficos com variação de temperatura e umidade em cada ponto dos componentes da edificação e ainda faz uma análise do conforto térmico do ambiente interno. Os dados obtidos serão utilizados nas simulações do Wufi Bi para simulação do desenvolvimento dos microorganismos.

3.5.2 Wufi-Bio

Após a realização das simulações e obtenção dos valores necessários foi utilizado a extensão Wufi-Bio para análise das habitações propostas e probabilidade de desenvolvimento dos fungos.

O Wufi-Bio foi desenvolvido conforme o modelo biohigrotermico de Sedlbauer (2001) com o intuito de prever a formação de bolores nas superfícies. O resultado se dá através de um gráfico que contém a umidade do esporo e o teor de umidade crítica, quando a umidade do esporo supera a crítica tem possibilidade de desenvolvimento de fungos neste período.

Para isso é necessário informar alguns dados de entrada.

- Dados de entrada:
 - Umidade relativa e Temperatura superficial: Obtida através das simulações realizadas no software Wufi-Plus.
 - Classe do substrato: O substrato presente em todas as simulações é o concreto. Como demonstrado no capítulo 2 a classe que melhor se encaixa é a classe II.

Após as simulações e cálculos o software demonstra o teor de umidade crítica para germinação dos esporos em relação a temperatura superficial. Estes resultados vêm através de uma luz indicativa.

- Verde: indica um crescimento esperado inferior a 50 mm/ano, normalmente aceitável;

- Amarelo: Crescimento entre 50mm/ano e 200 mm/ano, exigindo uma análise aprofundada do caso;

- Vermelho: indica crescimento esperado superior a 200 mm/ano, mostrando ser um ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos.

Além disto, o software demonstra um índice de crescimento de micélios que indica:

- 0: sem crescimento
- 1: algum crescimento visível ao microscópio
- 2: crescimento moderado visível ao microscópio, cobertura superior a 10%
- 3: algum crescimento detectado visualmente, hifas finas encontradas ao microscópio
- 4: cobertura visual superior a 10%
- 5: cobertura superior a 50%
- 6: cobertura de 100%

3.5.3 Definições dos parâmetros de entrada do Software

- **Condições climáticas:**

Para definir as características das condições climáticas de cada zona foi definido uma cidade referência para coleta dos dados com base na tabela presente no Anexo A da NBR 15220-3:2005.

Após esta definição foram coletados os dados das estações automáticas de cada cidade através do site INMET. Foram obtidos os dados de todos os dias e horários do período de 01/01/21 a 01/12/21.

Nas tabelas 12 e 13 é possível verificar as médias de temperatura, umidade, ponto de orvalho, velocidade do vento e precipitação da chuva de cada cidade que está representando uma zona bioclimática divididas em dois semestres, com a intenção de demonstrar a variabilidade das condições climáticas em cada cidade.

Tabela 12: Média dos dados coletados das zonas bioclimáticas para o 1º semestre.

| Primeiro semestre (01/01/2021 - 30/06/2021) | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|--------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| Zona | Estado | Cidade | Temp. Máx. (°C) | Temp. Min. (°C) | Umi. Max. (%) | Umi. Min. (%) | Pt. Orvalho Máx. (°C) | Pt. Orvalho Min. (°C) | Vel. Vento (m/s) | Radiação (KJ/m ²) | Chuva (mm) |
| 1 | PR | Curitiba | 19,3 | 18,2 | 73 | 65 | 15,4 | 13,8 | 1,7 | 1100,88 | 0,2 |
| 2 | RJ | Teresópolis | 19,0 | 17,8 | 87 | 81 | 15,9 | 14,8 | 0,5 | 1143,17 | 0,3 |
| 3 | RS | Porto Alegre | 21,3 | 20,2 | 78 | 73 | 16,4 | 15,4 | 1,4 | 1228,75 | 0,1 |
| 4 | DF | Brasília | 21,5 | 20,1 | 75 | 68 | 15,4 | 14,2 | 2 | 1495,36 | 0,3 |
| 5 | MG | Governador Valadares | 26 | 24,5 | 76 | 68 | 20 | 18,4 | 0,1 | 1319,9 | 0,05 |
| 6 | SP | Pres. Prudente | 24,4 | 23,2 | 65 | 59 | 16 | 14,8 | 1,2 | 996,1 | 0,1 |
| 7 | MA | Imperatriz | 27,1 | 25,8 | 77 | 74 | 21,9 | 20,9 | 0,4 | 1340,5 | 0,2 |
| 8 | RJ | Rio de Janeiro | 24,2 | 23 | 84 | 79 | 21,1 | 20,2 | 2,6 | 1114,6 | 0,2 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13: Média dos dados coletados das zonas bioclimáticas para o 2º semestre.

| Segundo semestre (01/07/2021 - 01/12/2021) | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|--------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| Zona | Estado | Cidade | Temp. Máx. (°C) | Temp. Min. (°C) | Umi. Max. (%) | Umi. Min. (%) | Pt. Orvalho Máx. (°C) | Pt. Orvalho Min. (°C) | Vel. Vento (m/s) | Radiação (KJ/m ²) | Chuva (mm) |
| 1 | PR | Curitiba | 17,8 | 16,7 | 73 | 65 | 15,4 | 13,8 | 1,9 | 1079,09 | 0,1 |
| 2 | RJ | Teresópolis | 16,9 | 15,8 | 86 | 80 | 13,7 | 12,7 | 0,6 | 883,39 | 0,3 |
| 3 | RS | Porto Alegre | 18,7 | 17,6 | 78 | 73 | 13,7 | 12,8 | 1,5 | 1238,18 | 0,2 |
| 4 | DF | Brasília | 22,5 | 21 | 60 | 54 | 11,8 | 10,7 | 2,3 | 1542,05 | 0,2 |
| 5 | MG | Governador Valadares | 13,2 | 10,9 | 67 | 58 | 4 | 2,3 | 0,1 | 1161,2 | 0 |
| 6 | SP | Pres. Prudente | 24,4 | 23,2 | 65 | 59 | 16 | 14,8 | 1,2 | 996,1 | 0,1 |
| 7 | MA | Imperatriz | 28,3 | 26,8 | 66 | 62 | 19,9 | 18,7 | 0,6 | 1357,4 | 0,1 |
| 8 | RJ | Rio de Janeiro | 23,4 | 22,4 | 83 | 76 | 20,6 | 19,5 | 2,6 | 1076,6 | 0,2 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Cores da fachada:**

Observando o padrão de construção foi adotado para a fachada deste projeto a cor creme, que possui coeficiente de absorção solar igual a 0,4 conforme dados do quadro 2.

- **Posição das paredes:**

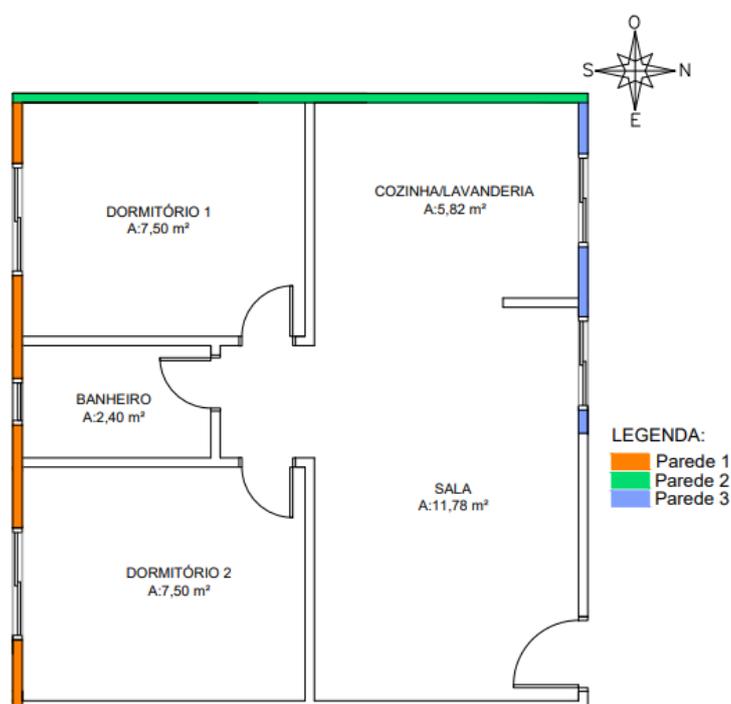
Foram analisadas no software todas as superfícies internas das paredes externas.

Foi considerado a posição vertical deste projeto como apartamento intermediário, sendo assim não há transferência de calor ou umidade proveniente do solo ou telhado. Então, a altura inserida no software computacional foi de 6 metros, considerando um edifício de 5 pavimentos e o apartamento situada no 3º andar.

Outro ponto determinante no desenvolvimento de fungos é a orientação da edificação no terreno, por isso foi analisado todas as paredes nas orientações norte, sul, leste e oeste.

Para simulação das orientações foram numeradas as paredes em contato com o ambiente externo conforme figura 10 e rotacionado a edificação com o intuito de analisar cada parede na posição norte, sul, leste e oeste.

Figura 10: Definição das paredes de projeto



Fonte: Autora.

- **Ocupação interna:**

Levando em consideração o tamanho do projeto foi considerado 4 moradores para esta simulação. Como o objetivo deste trabalho é analisar a influência das condições climáticas externas e a taxa de ventilação, foi adotado uma média de 546 g/h de vapor gerado no ambiente interno da edificação considerando os dados das tabelas 1 e 2 do capítulo 2 e o cálculo abaixo:

- Dormitórios 1 e 2

Dados:

- Moradores por dormitório: 2 pessoas
- Tempo de permanência (21h – 06h): 9 horas
- Atividade Leve – em repouso: 0,06 L/dia

Total: $0,06 \times 2 \times 9 = 1,08$ L/dia para cada dormitório

- Banheiro

Dados:

- Moradores: 4 pessoas
- Tempo de permanência: 15 minutos cada
- Atividade considerada:

*Banho com chuveiro: $0,25/5\text{min}$

Total: $(4 \times 15/5) \times 0,25 = 3$ L/dia

- Cozinha/ Lavanderia

- Moradores: 1 pessoa
- Tempo de permanência: 3 horas
- Atividade média: 0,2 L/dia por pessoa
- Atividades consideradas:

*Secar roupa= 2,92 L/dia

*Lavar roupa= 0,5 L/dia

*Lavar louça= 0,4 L/dia

*Cozinhar fogão a gás (café da manhã, almoço e janta) = 2,35 L/dia

*Geladeira = 1,3 L/dia

Total: $(0,2 \times 1 \times 3) + 2,92 + 0,5 + 0,4 + 2,35 + 1,3 = 8,07$ L/dia

- Sala

- Moradores no ambiente: 4 pessoas
- Tempo de permanência: 4 horas
- Atividade média: 0,2 L/dia por pessoa

Total: $0,2 \times 4 \times 4 = 0,96$ L/dia

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão demonstrados e analisados os resultados encontrados nas simulações computacionais realizadas conforme proposto na metodologia do capítulo 3 permitindo a comparação dos resultados e obtendo propostas para atender os objetivos propostos.

4.1 Habitação Padrão

Buscando atender a demanda atual incorporadoras estão construindo edificações em paredes de concreto para moradias seguindo o mesmo padrão de construção em várias regiões do país, sem considerar as condições climáticas do ambiente que será construído.

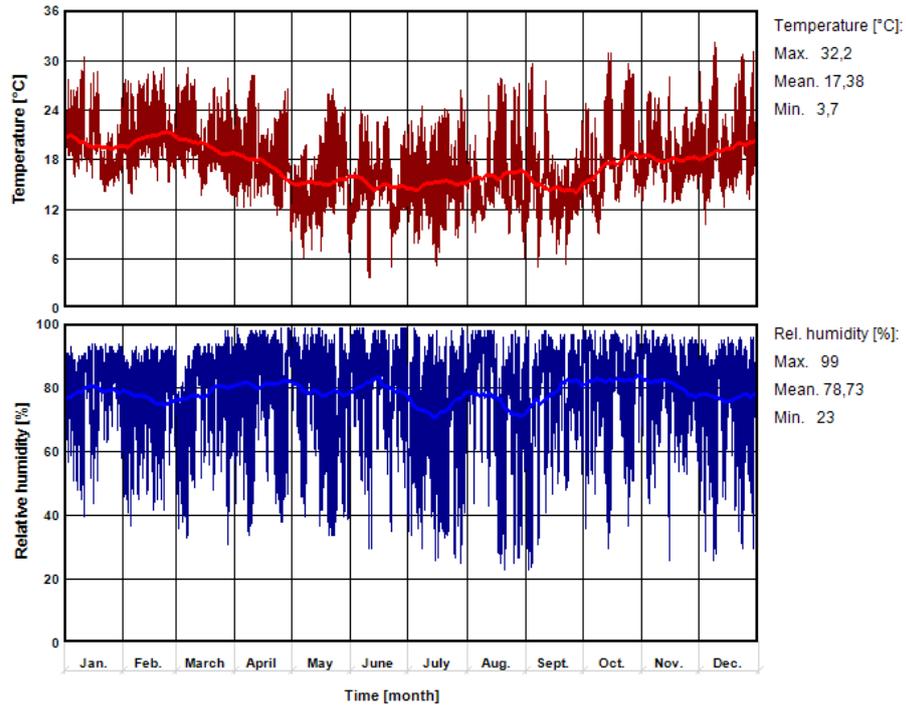
Para simular o impacto das condições climáticas neste tipo de construção foram utilizados os parâmetros do item 3.1 definidos conforme as habitações atuais construídas para os empreendimentos residenciais de parede de concreto e têm o intuito de analisar quais zonas bioclimáticas possuem condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos nas paredes internas de apartamentos.

4.1.1 Zona Bioclimática 1

Esta zona é caracterizada pelo clima frio e para esta simulação foram utilizados os dados climáticos obtidos através do site INMET da cidade de Curitiba PR. Na Figura 11 estão demonstrados a variação de temperatura e umidade relativa registradas no ano de 2008.

A temperatura tem uma grande variabilidade no decorrer dos meses, sendo a mais baixa de 3,7°C registrada no mês de junho e a mais alta de 32°C em dezembro. A umidade média é de 78,73% chegando a 99% em alguns períodos do ano.

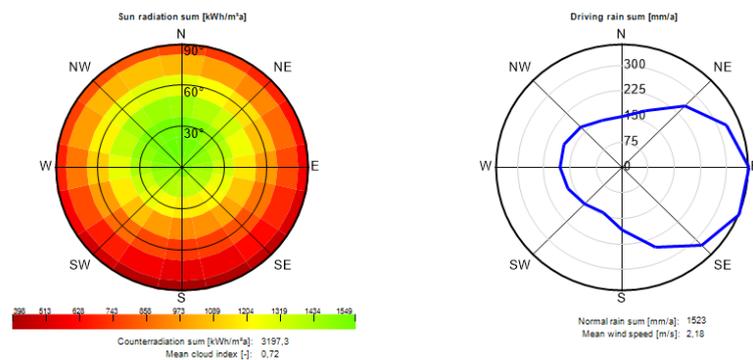
Figura 11: Dados climáticos da cidade de Curitiba PR



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 12 é possível observar que a maior incidência solar está na orientação norte e noroeste, já a chuva nas regiões leste, nordeste e sudeste.

Figura 12: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Curitiba - PR



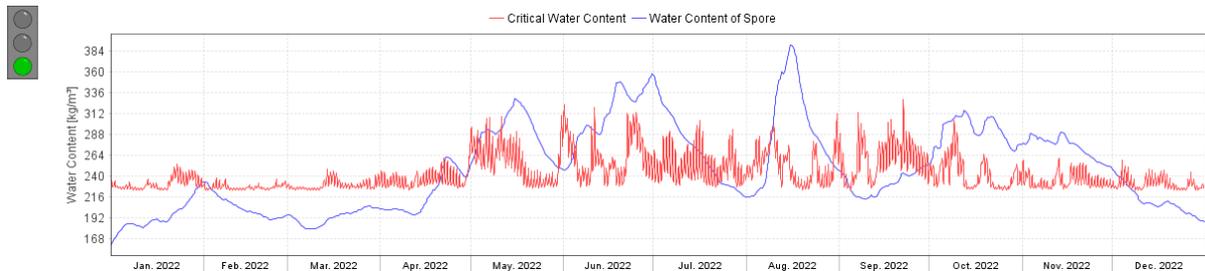
Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.1.1 Parede 1

Conforme mencionado no capítulo 3 foram realizadas 4 simulações por zona bioclimática, rotacionado a edificação e direcionando as 3 paredes a serem analisadas para as orientações norte, sul, leste e oeste.

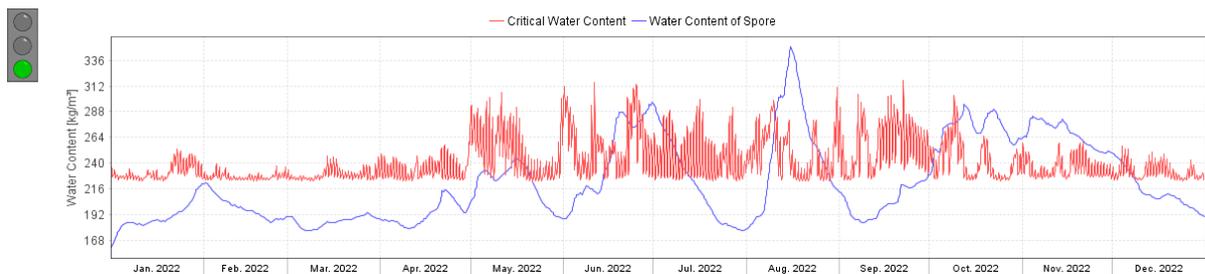
As Figuras 13, 14, 15 e 16 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo gerado através do software Wufi para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. E a Figura 17 e 18 apresentam o comparativo dos índices de crescimento dos micélios acumulados para a parede 1 nas 4 orientações.

Figura 13: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



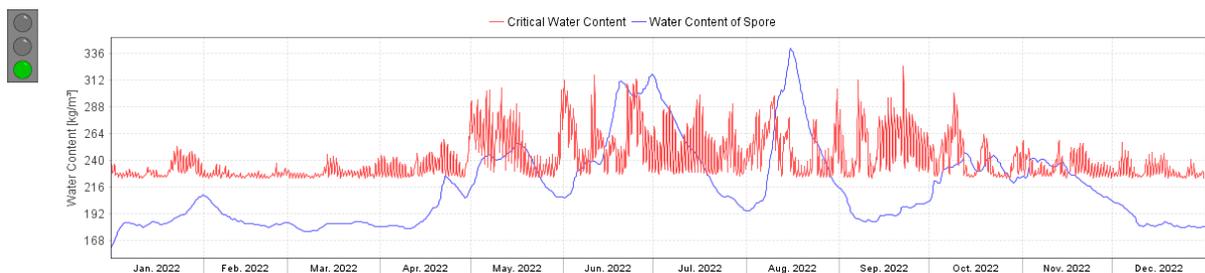
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 14: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



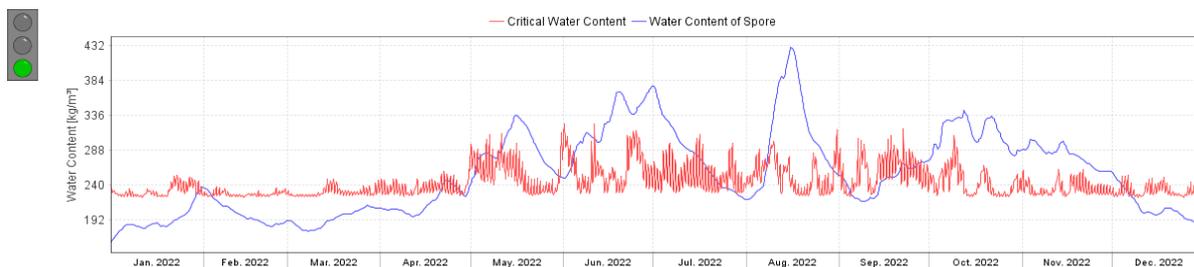
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 15: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



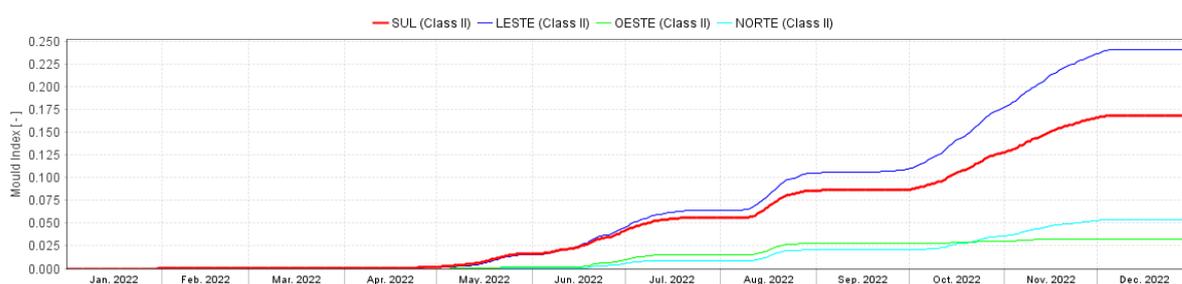
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 16: HabPadrão – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



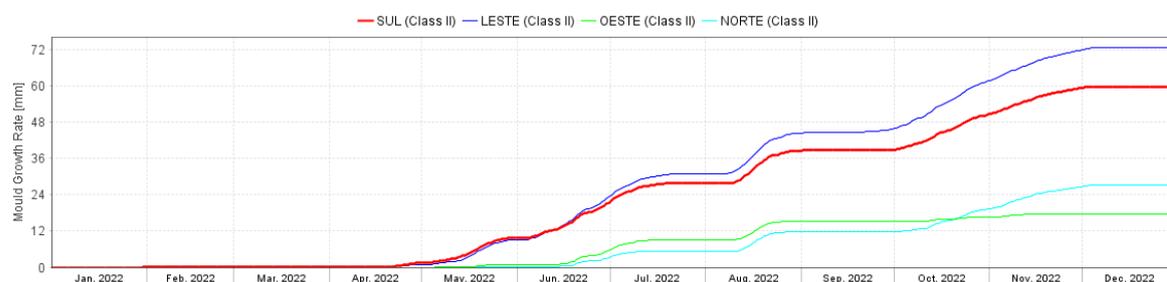
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 17: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 18: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Conforme Figuras 13,14,15 e 16 o software demonstrou haver baixa probabilidade de ocorrência de fungos para esta simulação, indicando sinalização verde, ou seja, o crescimento esperado é inferior a 50 mm/ano. Porém percebe-se através do resumo do crescimento dos micélios na Figura 18 que na orientação leste o crescimento podem chegar a 72 mm para um ano.

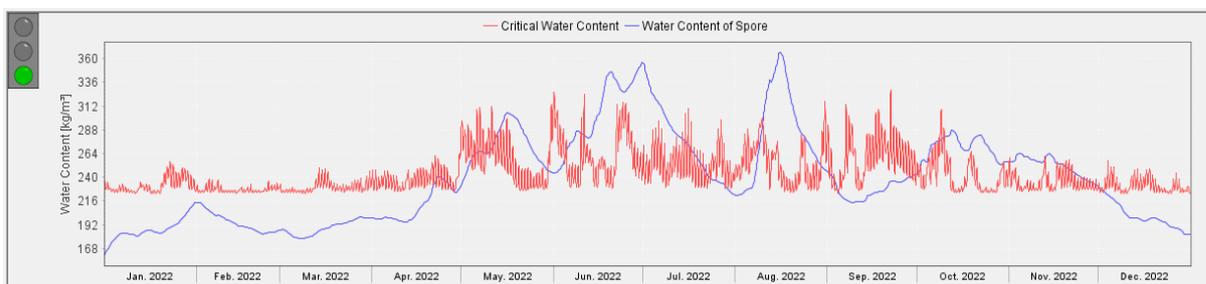
A Figura 17 demonstra que quando orientada para leste e sul a parede 1 terá maiores índices de crescimento de micélios. No gráfico destas duas orientações (Figuras 13 e 16) a curva de umidade do esporo supera a crítica em pelo menos 5 meses do ano e apesar de apresentar uma sinalização verde, pois o cumulativo de

crescimento de esporos não é superior a 50 mm/ano, durante estes meses há a possibilidade de aparecimento de fungos.

4.1.1.2 Parede 2

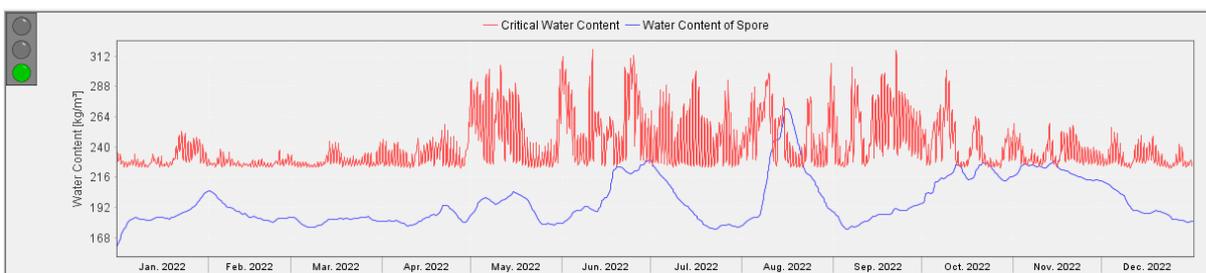
As Figuras 19, 20, 21 e 22 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. E a Figura 23 demonstra o índice de crescimento de micélios para um ano.

Figura 19: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



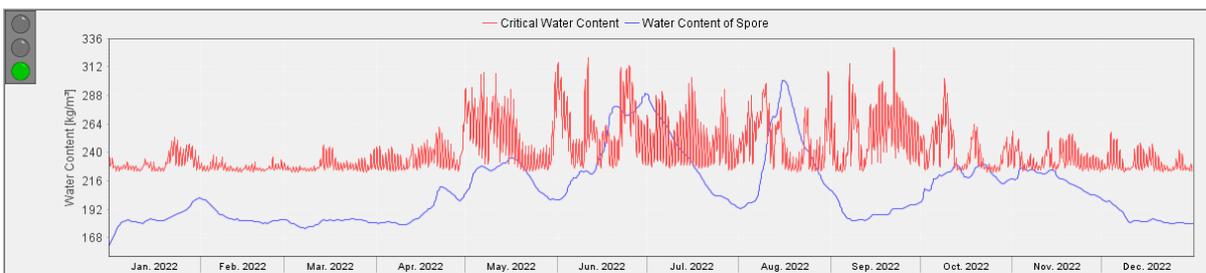
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 20: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



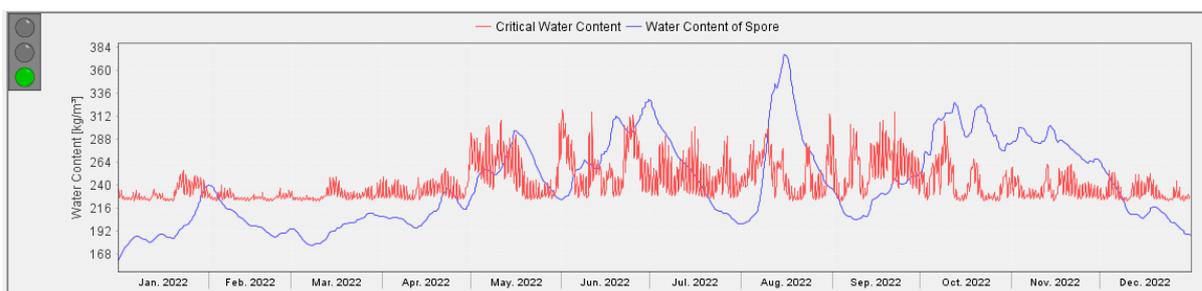
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 21: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



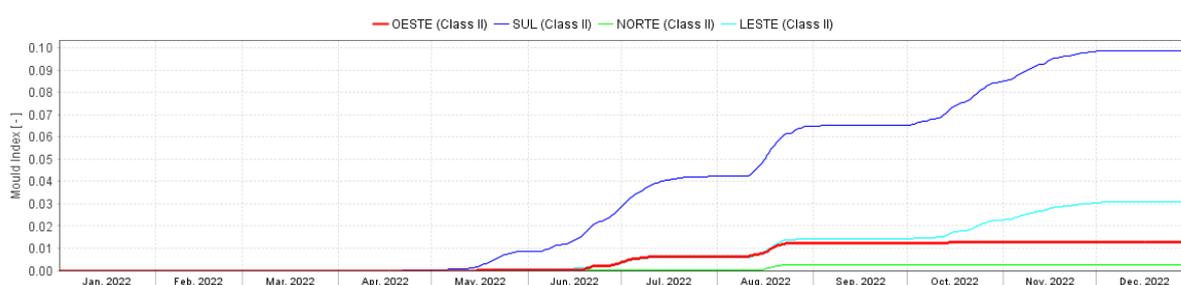
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 22: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 23: Resumo índice crescimento de micélios parede 2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

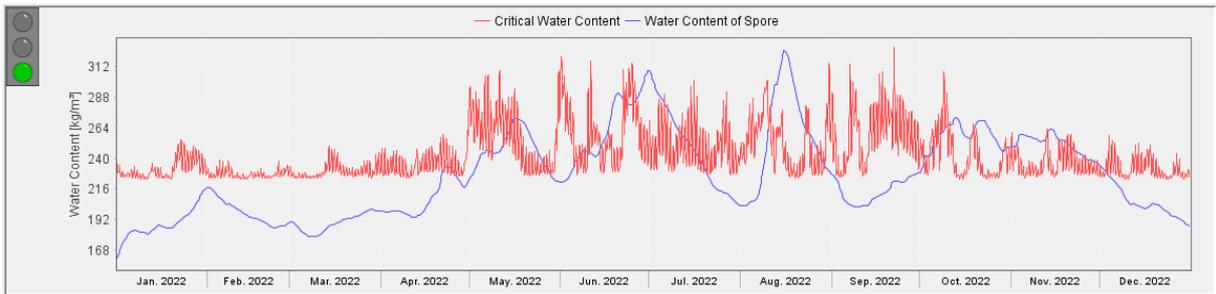
Conforme os gráficos gerados para a parede 2 desta simulação não há possibilidade de crescimento dos micélios maiores do que 50 mm/ano. A figura 23 demonstra que na orientação sul terá a possibilidade de crescimento de 42 mm para um ano.

O gráfico da parede 2 orientada para o sul e leste apresenta nas figuras 19 e 22 vários meses com umidade de esporo superior ao crítico, já quando orientada para norte somente durante o mês de agosto apresenta ter um pequeno risco de crescimento de micélios (figura 20). A figura 21 demonstra que na orientação oeste entre final de junho e início de julho, e agosto há uma amplitude na curva de umidade de esporo que supera a crítica.

4.1.1.3 Parede 3

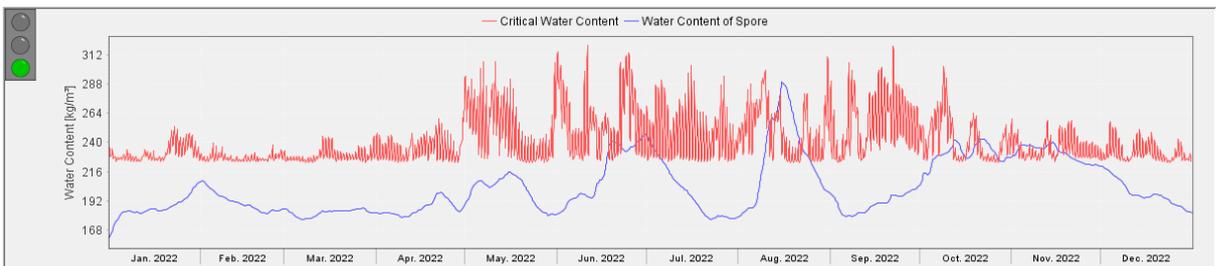
As Figuras 24, 25, 26 e 27 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. A figura 28 demonstra um resumo dos índices de crescimento de micélios cumulativos para as 4 orientações.

Figura 24: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



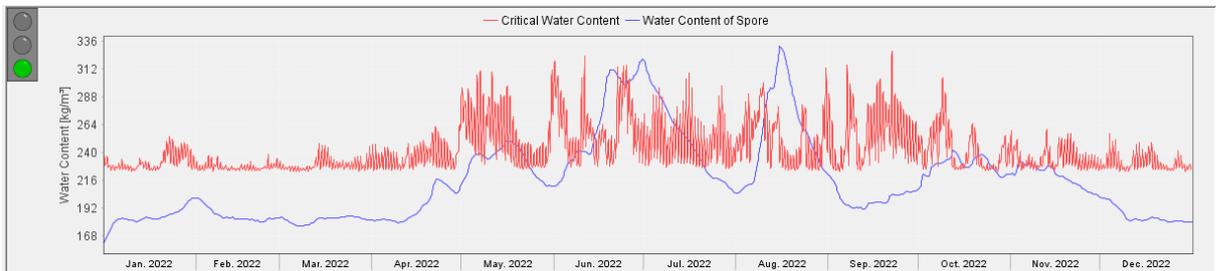
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 25: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



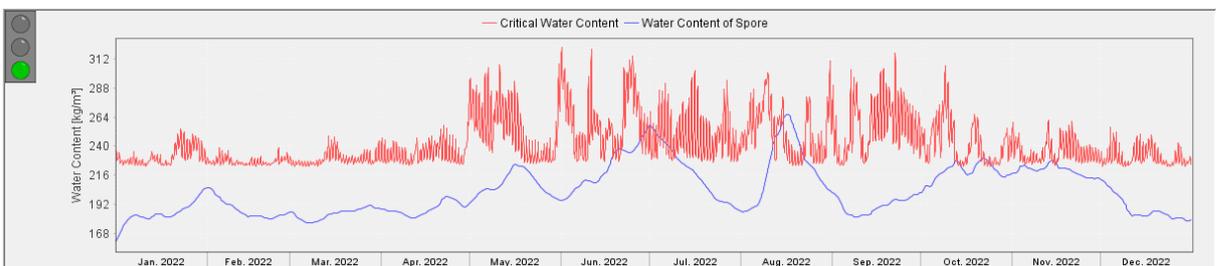
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 26: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



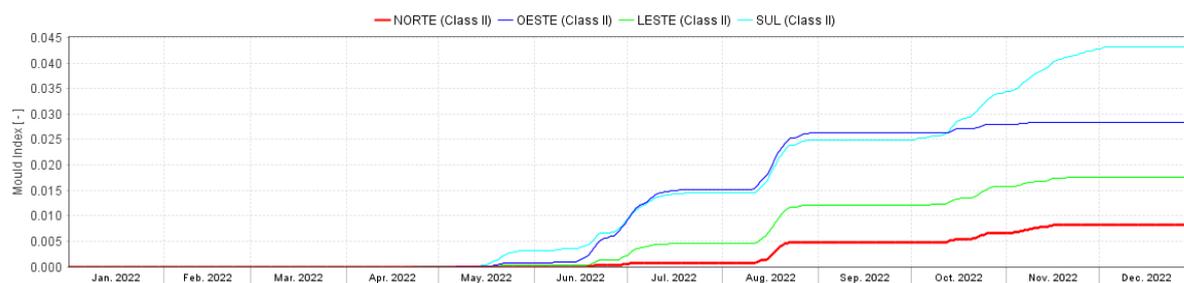
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 27: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 28: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

A parede 3 apresenta um menor índice de crescimento dos micélios para um ano, somente 0,045 na orientação sul. Ao contrário das paredes 1 e 2, a segunda orientação com maior índice é a oeste, que inclusive apresenta a maior taxa de umidade do esporo, durante o mês de agosto, com quase 336 kg/m³

- Discussão Zona Bioclimática 1: Foi observado nos gráficos que na ZB1 a habitação padrão não apresentaria um alto índice de crescimento de micélios nas paredes durante o ano independente da orientação. Apesar disto, alguns gráficos demonstraram que durante os meses de maio, junho, agosto, outubro e novembro o teor de umidade de esporo superou o crítico, indicando uma possibilidade de aparecimento de fungos, porém como o seu crescimento não é constante durante todos, ou a maioria dos meses do ano este resultado é aceitável.

Em relação a orientação, todas as paredes tiveram piores índices quando orientadas para o sul e melhores para norte, isso ocorre devido a orientação norte apresentar maior incidência solar (figura 12) com isso favorece o ganho de calor dos materiais da parede, aumenta as temperaturas superficiais e diminui a condensação superficial (YANG, X.; LI, Y.; YANG, L.).

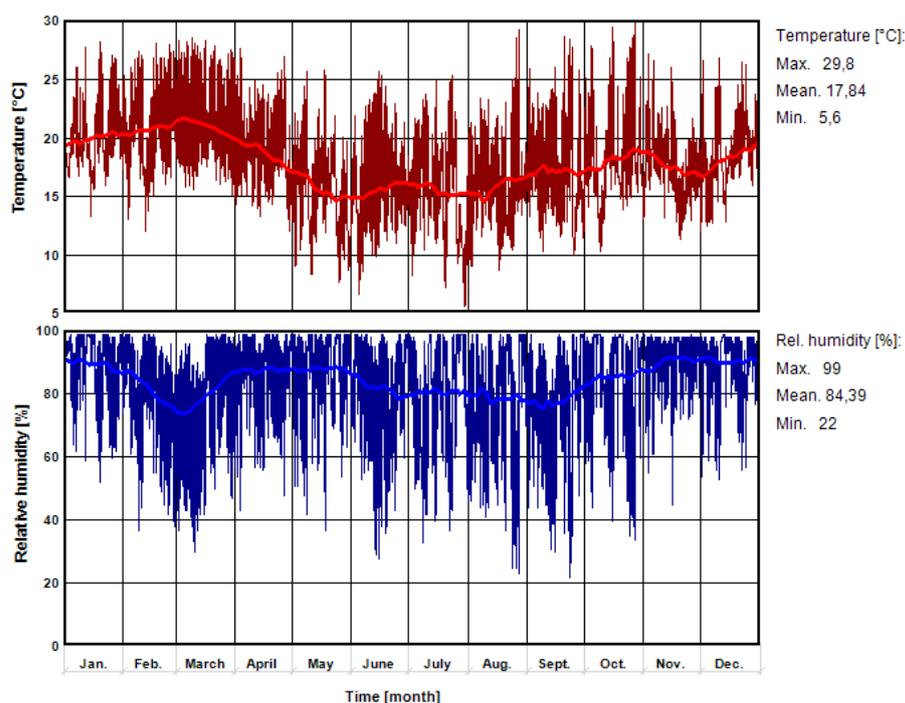
A parede 1 quando orientada para leste apresenta um gráfico semelhante da orientação sul, apresentando risco de desenvolvimento de fungos durante alguns meses, a Figura 12 demonstra que esta orientação tem grande incidência de chuva dirigida, fator determinante para crescimento de micélios conforme Vasconcelos, 2010.

4.1.2 Zona Bioclimática 2

Para as simulações da ZB2 foram utilizados os dados climáticos obtidos através do site INMET de Teresópolis no Rio de Janeiro. Na Figura 29 estão demonstrados a variação de temperatura e umidade relativa registradas no ano de 2007.

É possível verificar através dos gráficos que a temperatura varia bastante através dos meses, sendo as mais baixas registradas nos meses de maio, junho, julho e agosto, sendo a mínima de 5,6°C e a máxima de 29,8°C registrada no início de março, mesmo ponto onde está identificado a menor taxa de umidade relativa. Se observa que nos meses de março, junho, julho, agosto e setembro a curva média da umidade é menor que o restante dos outros meses.

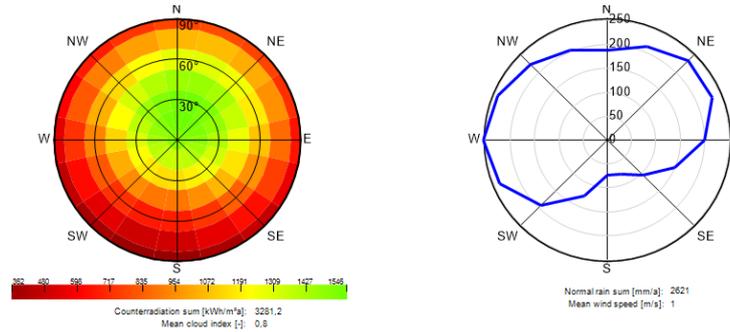
Figura 29: Dados climáticos da cidade de Teresópolis RJ



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 30 é possível observar que a maior incidência solar está na orientação norte e nordeste.

Figura 30: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Teresópolis - RJ

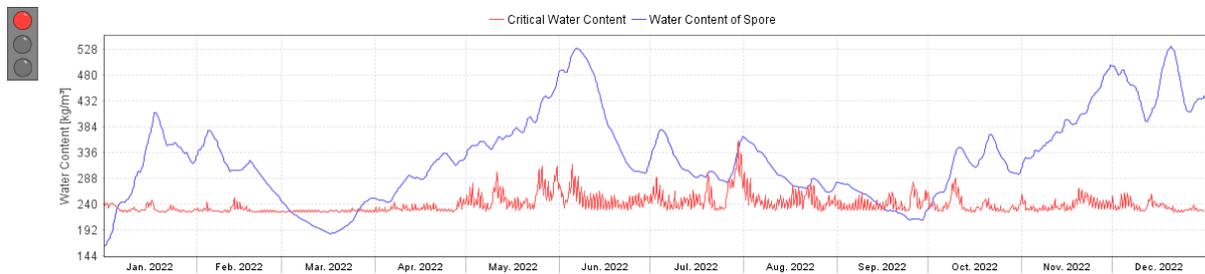


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.2.1 Parede 1

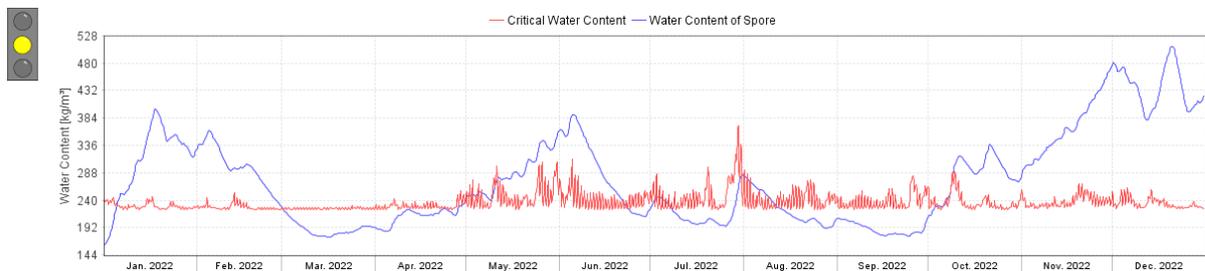
As Figuras 31, 32, 33 e 34 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. A Figura 35 representa um resumo do índice de crescimento de micélios cumulativo durante o período de um ano.

Figura 31: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



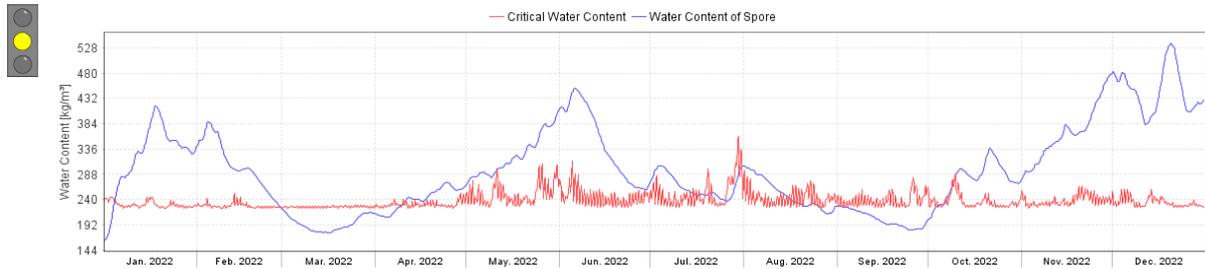
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 32: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



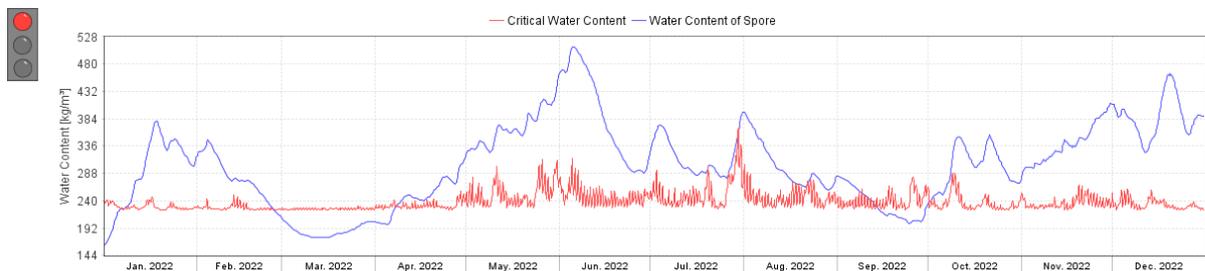
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 33: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



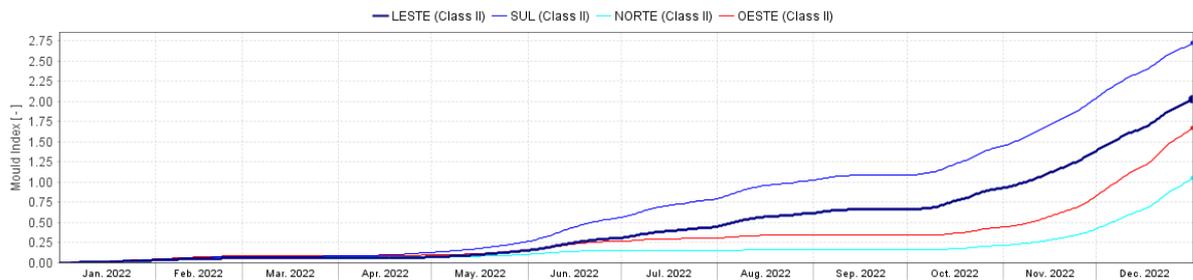
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 34: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



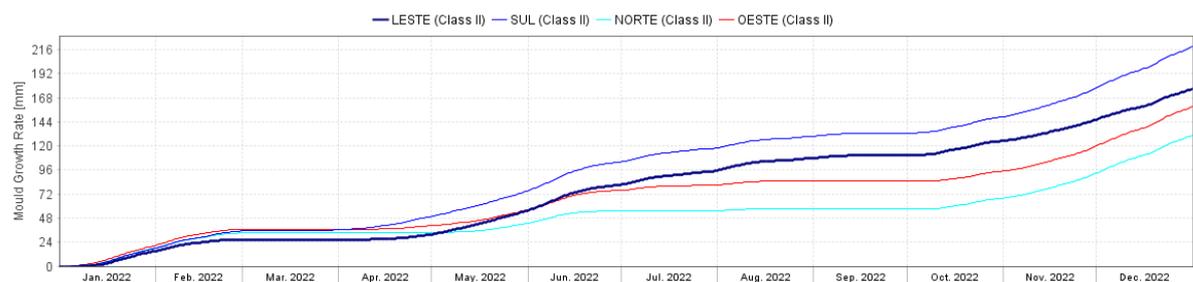
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 35: HabPadrão – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 36: HabPadrão – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Na simulação da parede 1 para a zona bioclimática 2 foi identificado que quando orientada para o sul e leste é esperado uma taxa de crescimento de micélios

superior a 200 mm/ano, que conforme mencionado no item 3.5 deste trabalho não é um resultado aceitável para ambientes residenciais. No gráfico de comparação do teor de umidade do esporo com o de umidade crítica (Figura 31 e 34) nota-se que nas duas situações somente durante os meses de março e setembro que o ambiente é desfavorável para o desenvolvimento de fungos, o que explica o alto índice de crescimento dos micélios para um ano.

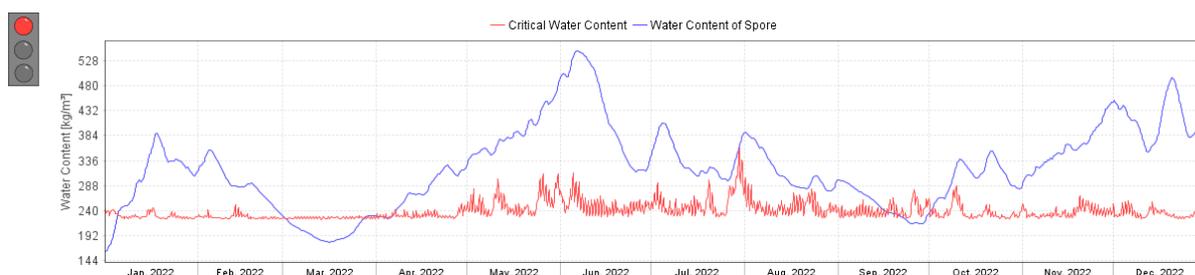
Na figura 35 observa-se que a terceira orientação com maior índice na formação de micélios durante o período de um ano é a oeste, com um crescimento estimado de aproximadamente 156 mm/ano.

Analisando os gráficos de todas as orientações da parede 1, a região oeste é a que apresenta a maior taxa de umidade em relação as demais, ultrapassando 528 kg/m³ no mês de dezembro, e ainda assim a orientação leste e a sul apresentaram maiores índices de crescimento de micélios. Isso ocorre devido a avaliação ser cumulativa para o período de um ano. Então se observamos as paredes orientadas para oeste e norte o que difere é a quantidade de meses em que o teor de umidade crítica fica superior ao do esporo, representando um risco baixo de desenvolvimento de fungos naquele período.

4.1.2.2 Parede 2

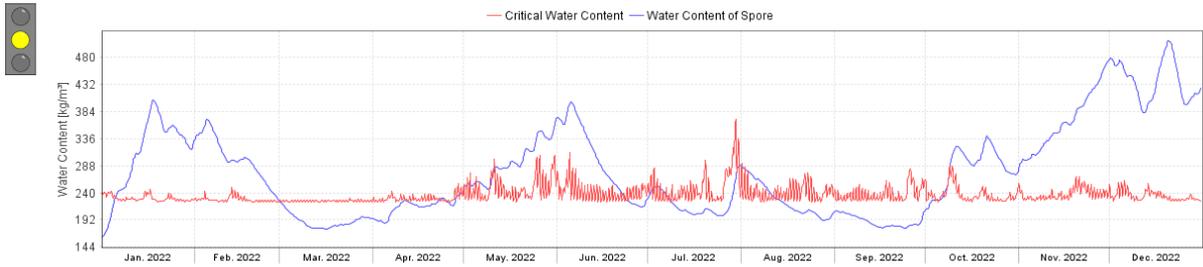
As Figuras 37, 38, 39 e 40 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. A Figura 41 representa um resumo do índice de crescimento de micélios cumulativo durante o período de um ano e a Figura 42 qual a taxa de crescimento.

Figura 37: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



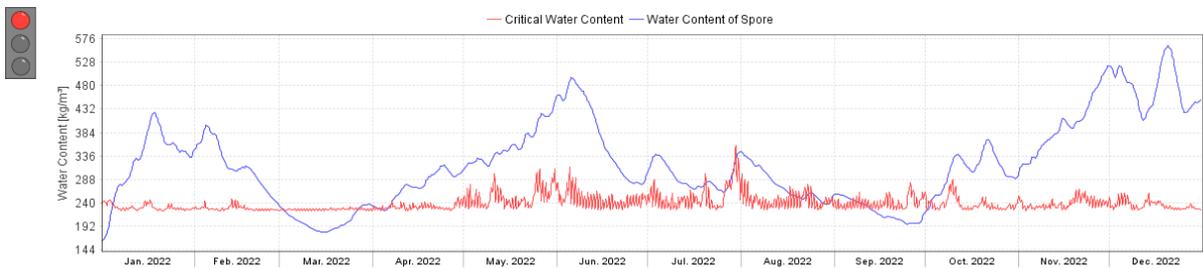
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 38: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



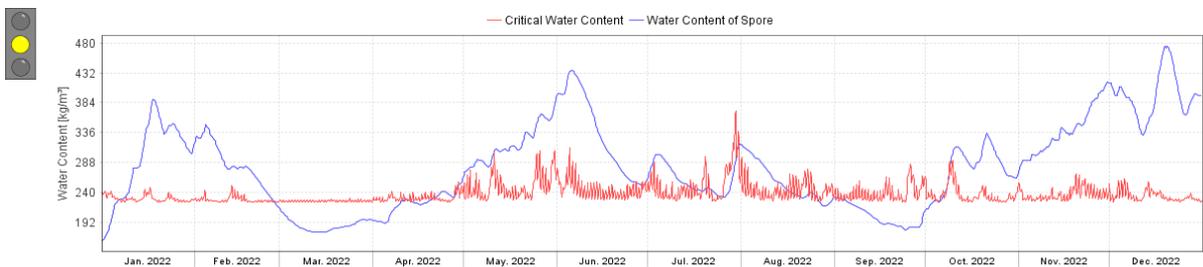
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 39: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



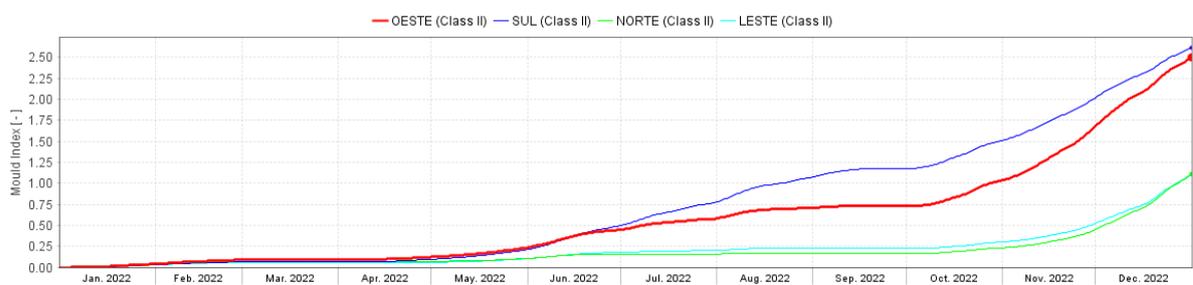
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 40: HabPadrão – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



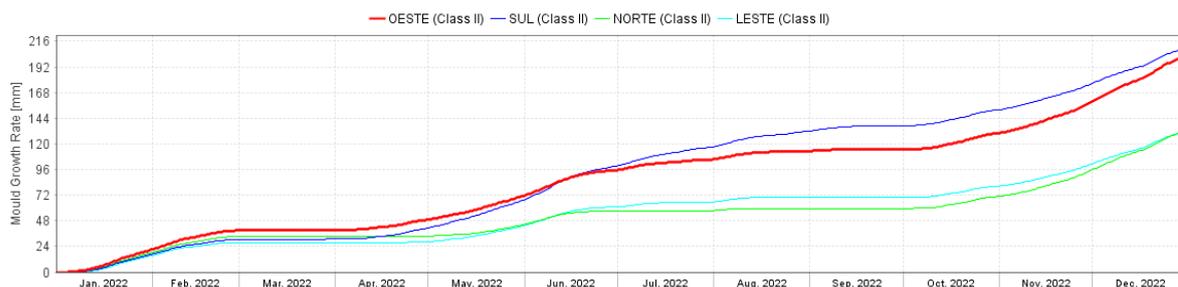
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 41: HabPadrão – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 42: HabPadrão – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

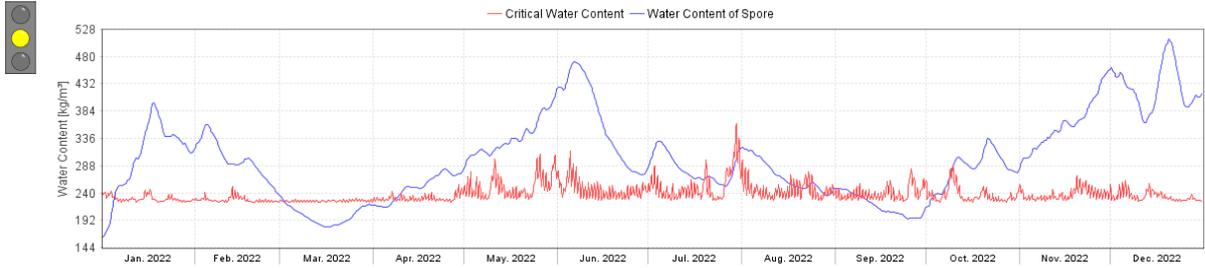
Quando simulado a parede número 2 da habitação padrão na zona bioclimática 2, as orientações sul e oeste apresentaram índices maiores de crescimento de micélios no período de um ano quando comparado as outras posições. Entretanto como está demonstrado na Figura 42 nas orientações norte e leste o crescimento de micélios podem ultrapassar 120 mm/ano.

Como mencionado anteriormente as regiões sul e oeste desta zona bioclimática apresentam menores taxas de incidência solar e maiores de chuva dirigida. Tornando-se o ambiente ideal para formação de microorganismos pois a parede teria bastante contato com a água da chuva e pouca radiação para secagem da superfície, desta forma é extremamente necessário a utilização de mecanismos que auxiliem na ventilação do ambiente. A fim de agilizar a secagem da condensação superficial das paredes internas.

4.1.2.3 Parede 3

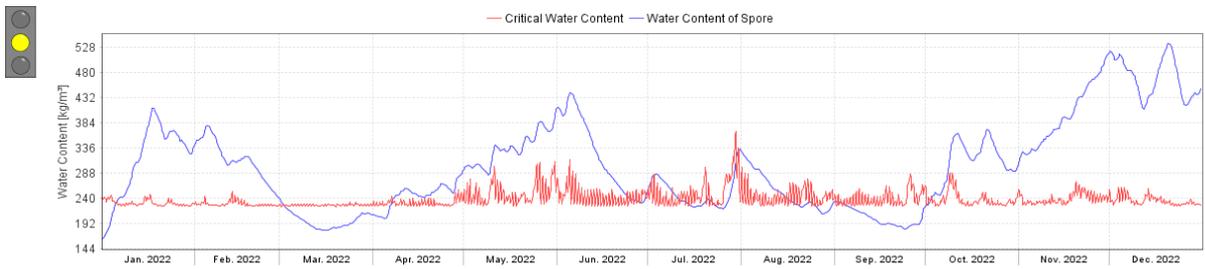
As Figuras 43, 44, 45 e 46 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. As Figuras 47 e 48 demonstram o comparativo de crescimento de micélios previsto para as 4 orientações.

Figura 43: HabPadrão – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



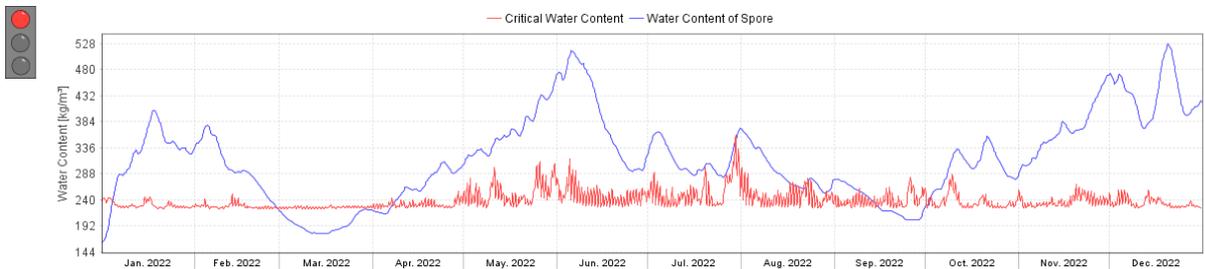
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 44: HabPadrão – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



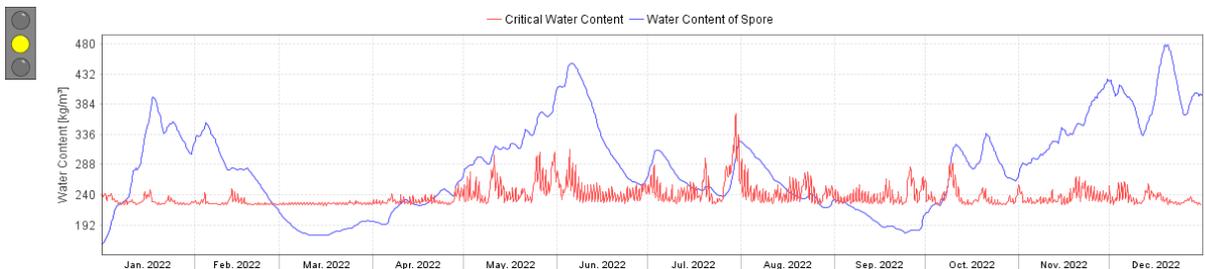
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 45: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



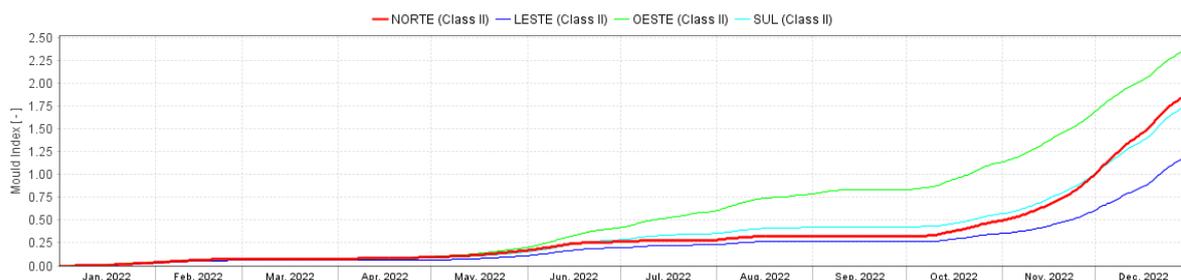
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 46: HabPadrão – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



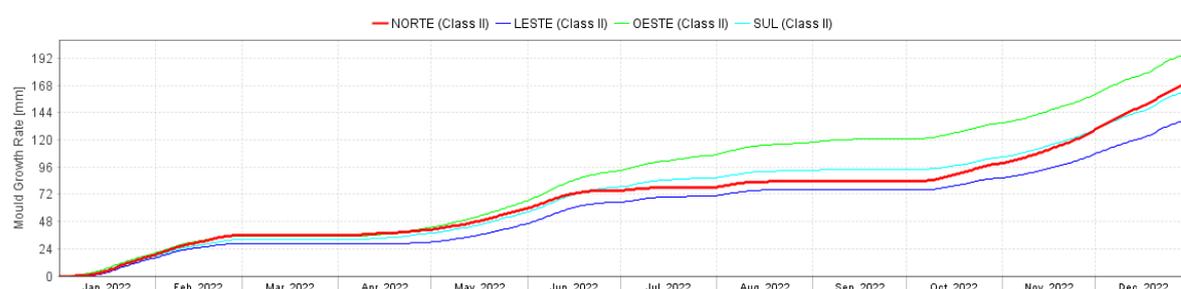
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 47: HabPadrão – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 48: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

A parede 3 da simulação apresentou resultados similares as anteriores na zona bioclimática 2, com situações favoráveis para o desenvolvimento de fungos e taxa de crescimento de micélios superiores a 120 mm/ano. Quando posicionada a oeste a parede 3 apresenta o maior índice de crescimento e sinalização vermelha, podendo ter uma taxa de crescimento dos micélios superior a 192 mm/ano.

Discussão Zona Bioclimática 2: Comparando as simulações realizadas para a habitação padrão na cidade de Teresópolis é possível afirmar, através dos resultados obtidos que edificações com esta tipologia apresentariam em suas paredes crescimento de fungos.

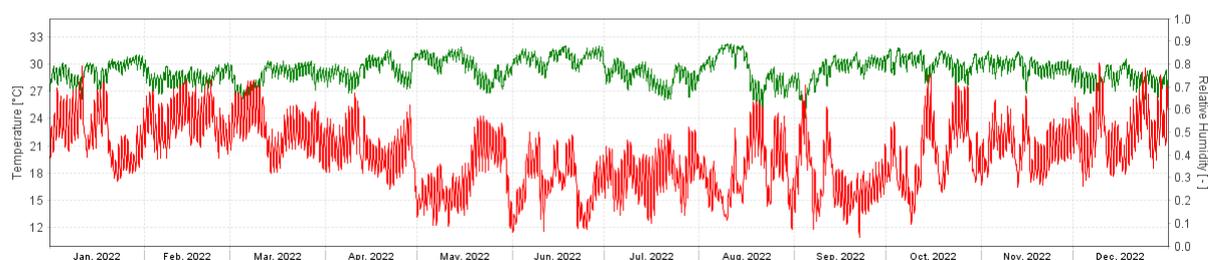
As paredes desta simulação quando orientadas para sul e oeste apresentaram maiores chances de exibir manifestações patológicas, devido à baixa incidência solar e alto índice de chuva dirigida na região oeste. Apesar disto é importante ressaltar que as simulações orientadas para norte e leste também apresentaram sinalização amarela, indicando crescimento de micélios de 50mm/ano a 200mm/ano o que já exige uma análise mais aprofundada antes da construção da habitação.

Outro ponto observável a partir dos gráficos é os meses em que a umidade do esporo ultrapassa a umidade crítica, sendo na maior parte do ano, mas principalmente nos meses de novembro e dezembro, com exceção da parede 1 orientada para o sul, que apresenta resultado similar no mês de junho.

Na Figura 49 está demonstrado os resultados temperatura (linha vermelha) e umidade (linha verde) para o ambiente interno da simulação padrão, este resultado é gerado no software Wufi Plus e importado para o Wufi Bio como dado de entrada.

Durante os meses de março, agosto e setembro, a umidade do esporo é menor nos resultados da simulação e neste período é visível na figura 49 um aumento da temperatura e queda na taxa de umidade. Nos meses de maio junho e julho a temperatura diminui e a variabilidade da umidade sobe.

Figura 49: Gráfico das condições internas simuladas para HabPadrão ZB2 P1S



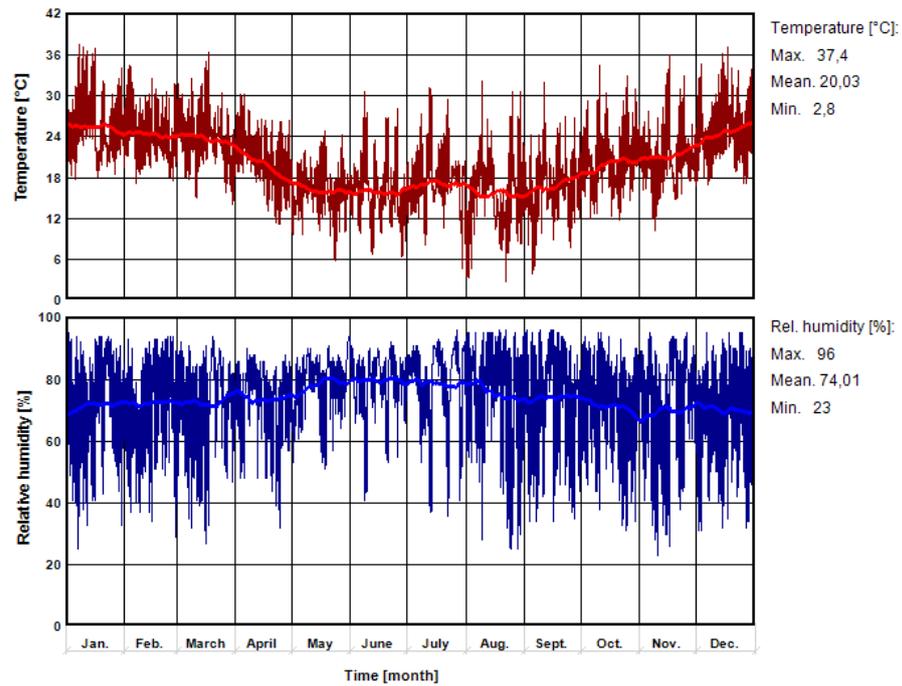
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi Plus

4.1.3 Zona Bioclimática 3

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Porto Alegre RS.

Na figura 50 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer de um ano. Ao observar o gráfico é perceptível que durante os meses de maio, junho, julho e agosto foram registrados as temperaturas mais baixas com a mínima de 2,8°C e as maiores taxas de umidade relativa com máxima de 96%. A maior temperatura registrada no ano de 2006 foi de 37,4°C e a média de 20,03°C e o a mínima taxa de umidade relativa foi igual a 23% com média de 74,01°C.

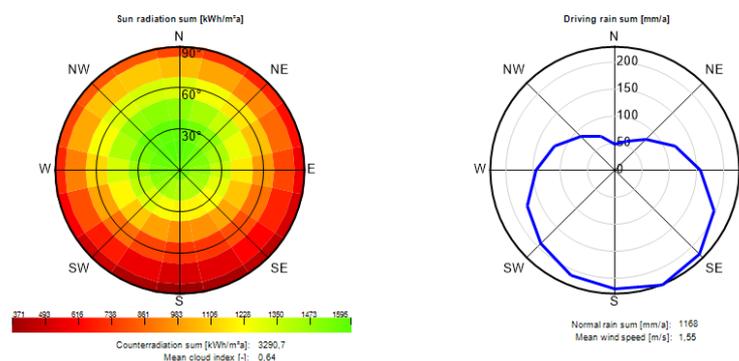
Figura 50: Dados climáticos da cidade de Porto Alegre - RS



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 51 é possível observar que a maior incidência solar está na orientação norte e noroeste. E a soma de chuva dirigida na orientação sul, sudeste e sudoeste.

Figura 51: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Curitiba - PR



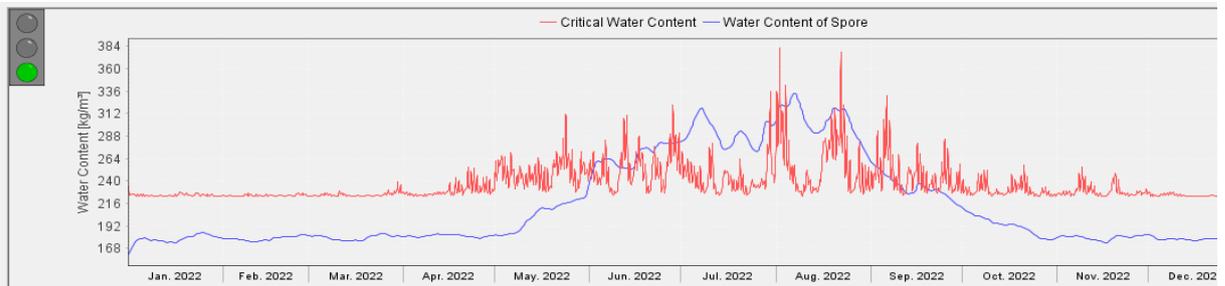
Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.3.1 Parede 1

As Figuras 52, 53, 54 e 55 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os

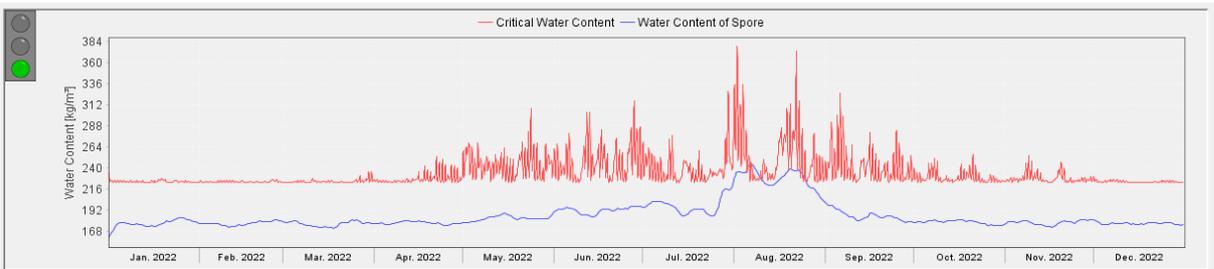
componentes concreto mais tinta acrílica. E as Figuras 56 e 57 representam um resumo do índice de crescimento de micélios.

Figura 52: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



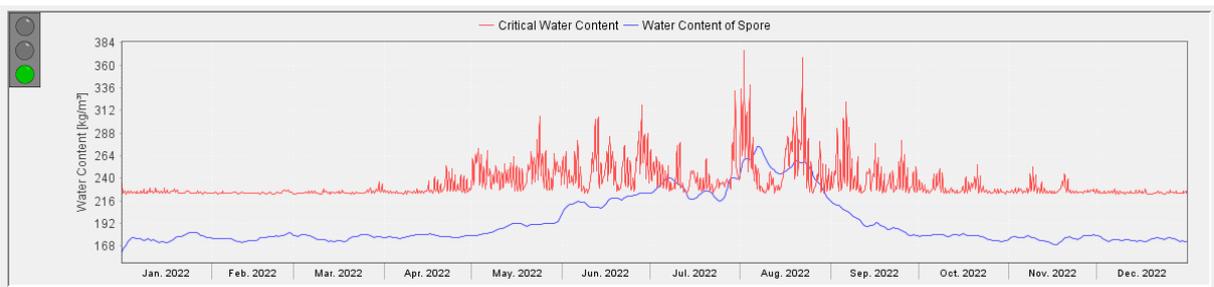
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 53: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



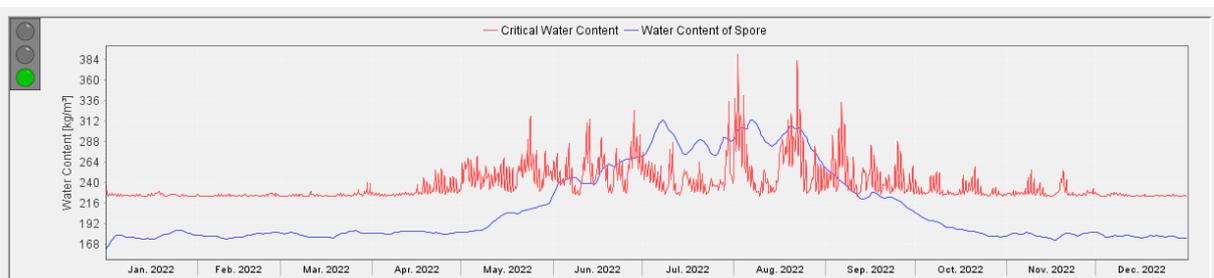
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 54: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



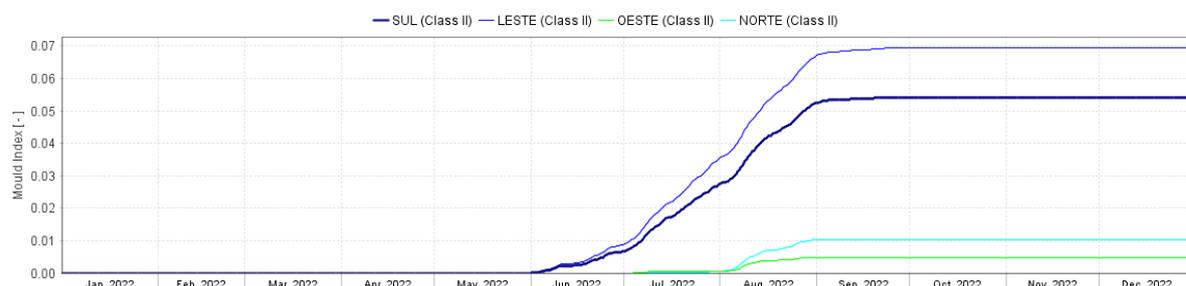
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 55: HabPadrão – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 56: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

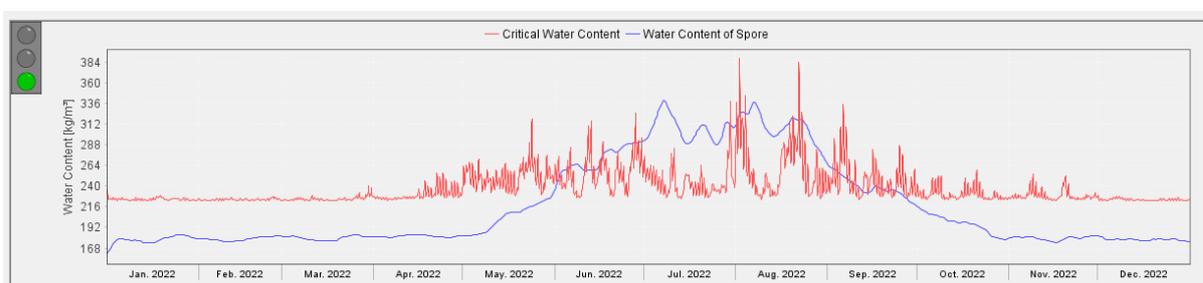
Apesar de apresentar índice de crescimento de micélios a parede 1 da habitação padrão simulada na zona bioclimática 3 tem sinalização verde em todas as orientações e não indica risco de crescimento de micélios acima de 50 mm/ano.

A Figura 56 demonstra que as zonas sul e leste tem maiores possibilidades de desenvolver micélios, conforme a Figura 51 são as regiões com menor taxa de incidência solar e maiores de chuva dirigida.

4.1.3.2 Parede 2

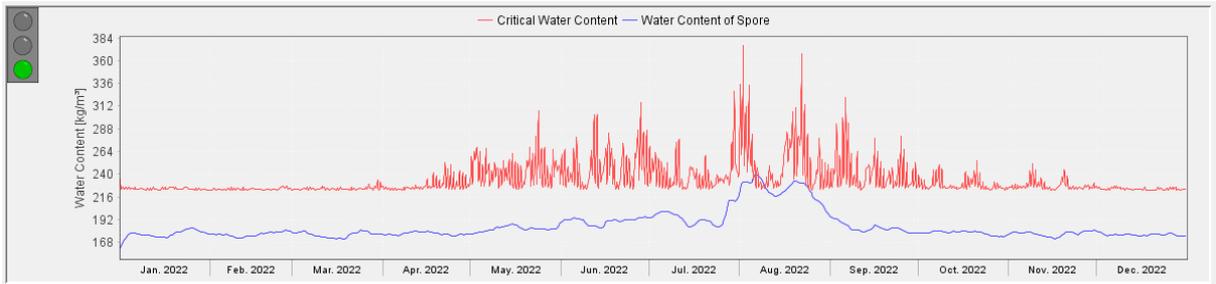
As Figuras 57, 58, 59 e 60 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. Na Figura 61 consta o índice de desenvolvimento de micélios para o período de um ano.

Figura 57: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



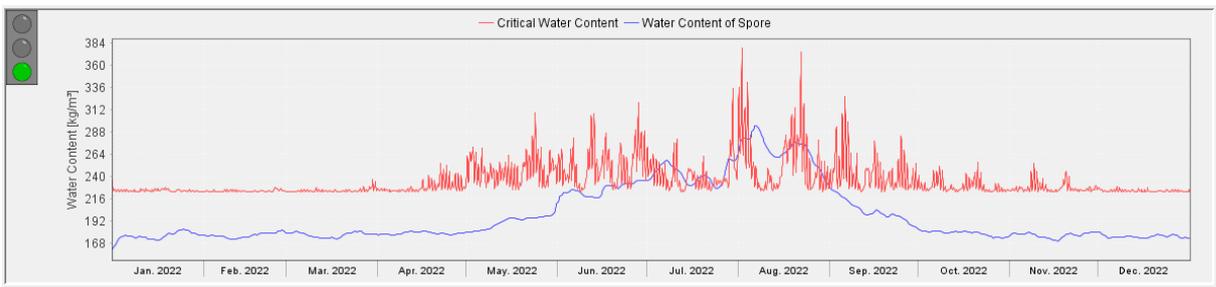
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 58: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



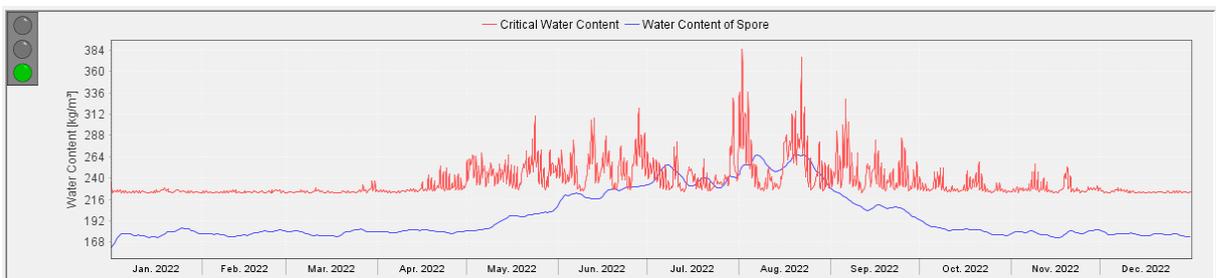
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 59: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



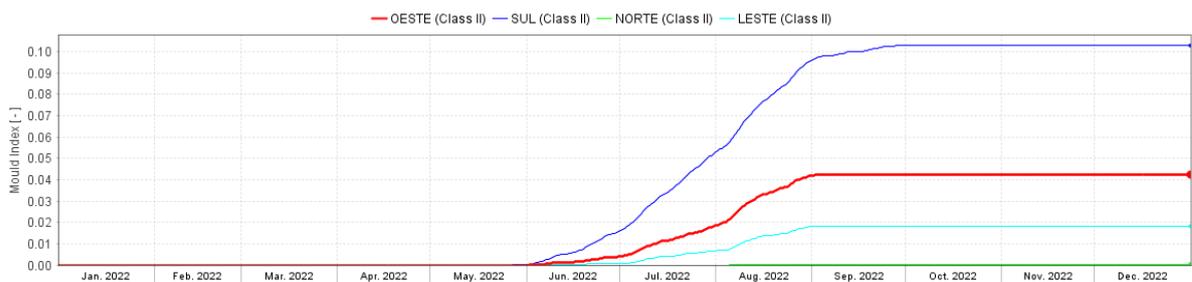
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 60: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 61: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

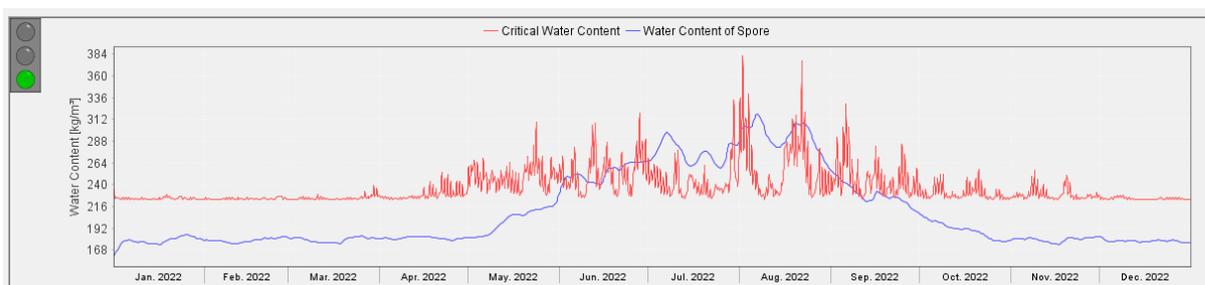
A parede 2 da habitação padrão simulada na zona bioclimática 3 também não apresentou risco de desenvolvimento de micélios para o período de um ano em nenhuma orientação.

Quando orientada para o sul, a parede 2 tem maior índice de crescimento de fungos, porém não acima de 50 mm/ano, o que é considerado um resultado aceitável conforme o modelo de Sedlbauer, 2010.

4.1.3.3 Parede 3

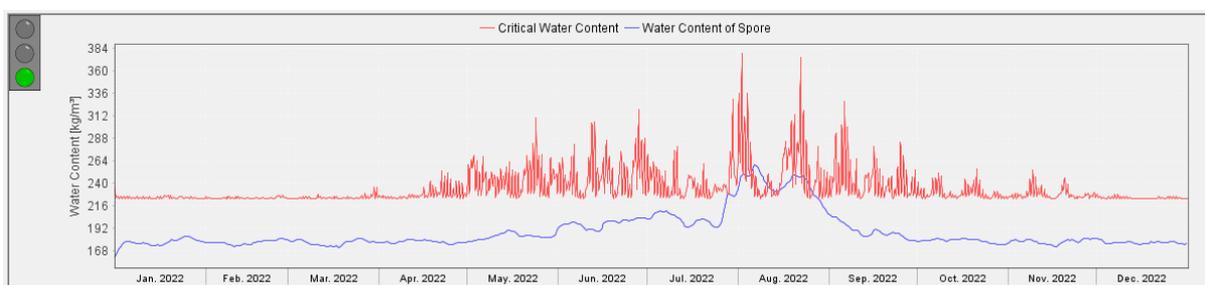
As Figuras 62, 63, 64 e 65 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. E a Figura 66 demonstra um resumo contendo as orientações e o índice de crescimento de micélios para o período de um ano.

Figura 62: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



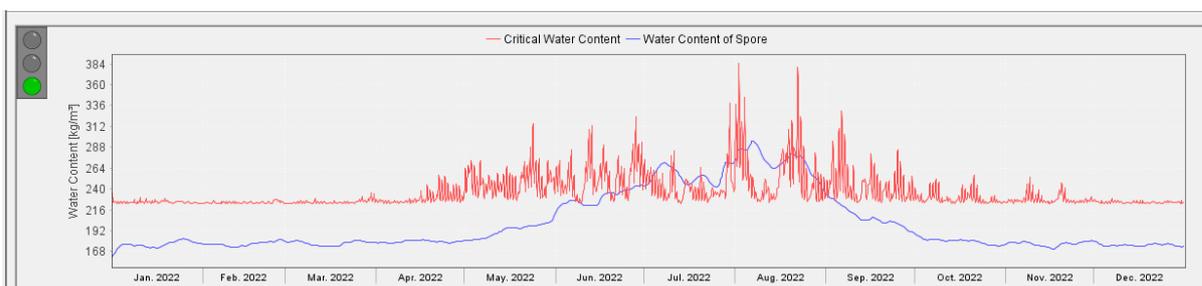
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 63: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



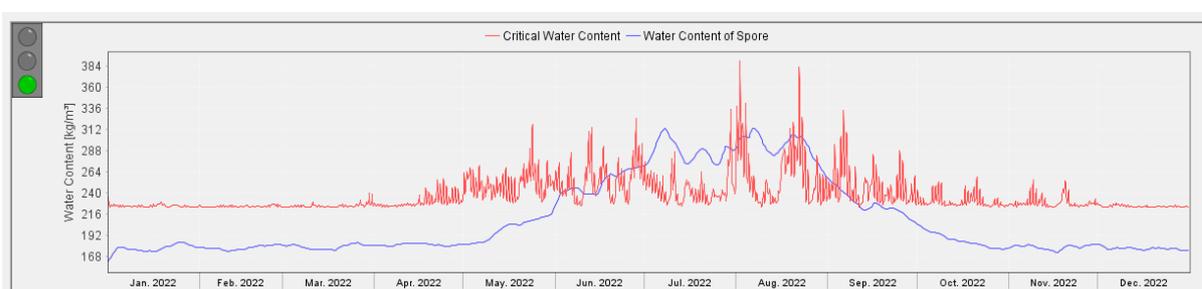
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 64: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



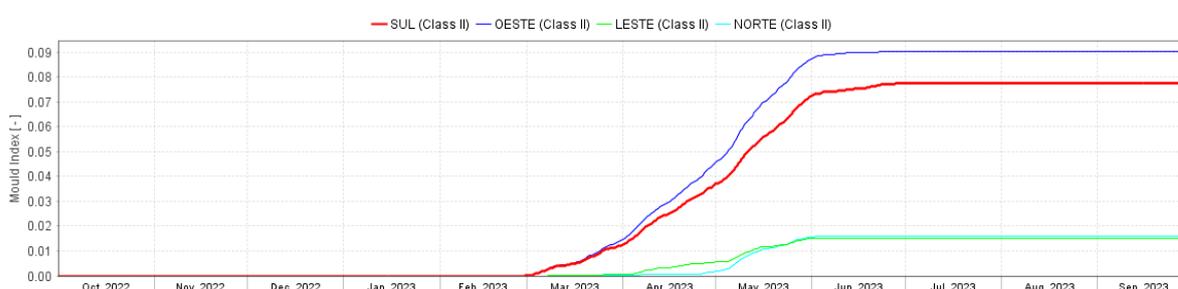
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 65: HabPadrão – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 66: HabPadrão – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

A parede 3 não apresentou em nenhuma orientação um índice de crescimento de micélios superior a 50 mm/ano.

Discussão Zona Bioclimática 3: Após analisadas todas as paredes da habitação padrão na zona bioclimática 3 foi constatado que para os parâmetros informados nas simulações os índices de crescimento de micélios estão abaixo de 50 mm/ano. E este valor é considerável aceitável pelo software Wufi, baseado no modelo de Sedlbauer, 2001.

Apesar deste fato é possível observar nos gráficos de comparação de umidade de esporo com a umidade crítica que durante os meses de junho, julho e

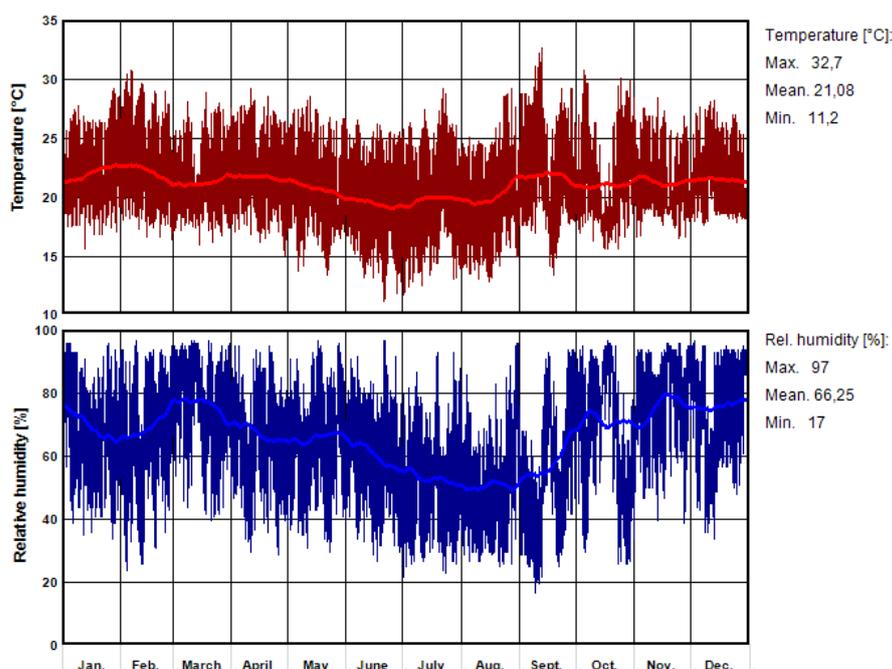
agosto a taxa de umidade de esporo supera a crítica e isso indica o desenvolvimento de micélios. Se observarmos a figura 50 estes meses apresentam maiores taxas de umidade e temperaturas menores. Como durante os meses restante a habitação não apresenta riscos de desenvolvimento de fungos o crescimento cumulativo de micélios não supera os 50 mm/ano, porém durante estes meses do inverno é importante adquirir opções para aumentar as renovações de ar podendo utilizar de ventilação mecânica.

4.1.4 Zona Bioclimática 4

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Brasília – DF.

Na Figura 67 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer de um ano. Ao observar os dados é possível identificar que a mínima temperatura registrada para o ano de 2001 foi de 11,2°C e a taxa de umidade relativa média é de 66,25%. Se compararmos com a ZB1, ZB2 e ZB3 a cidade simulada não apresenta temperaturas tão baixas e alta taxa de umidade.

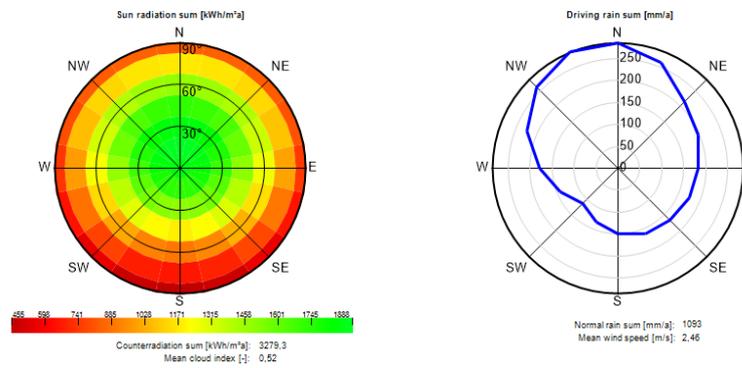
Figura 67: Dados climáticos da cidade de Brasília DF



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 68 é possível observar que a maior incidência solar está na orientação norte, noroeste e nordeste. Se comparar com a Figura 51 da ZB2 é possível verificar que esta zona tem bastante incidência solar e somente a orientação sul apresenta um ambiente desfavorável. Em compensação a chuva dirigida tem incidência maior na orientação norte.

Figura 68: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Brasília - DF

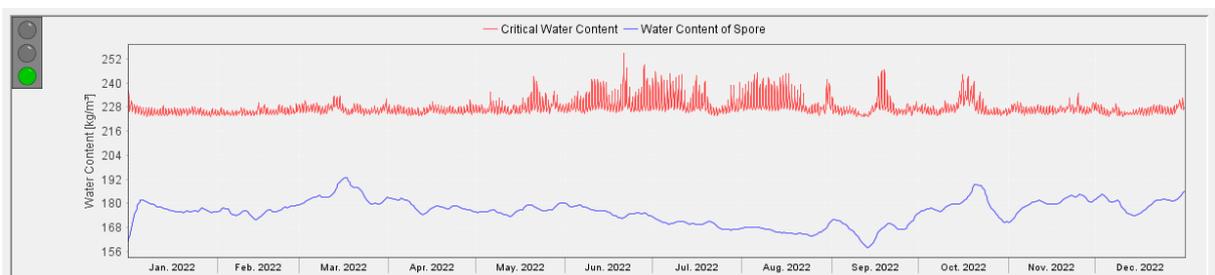


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.4.1 Parede 1

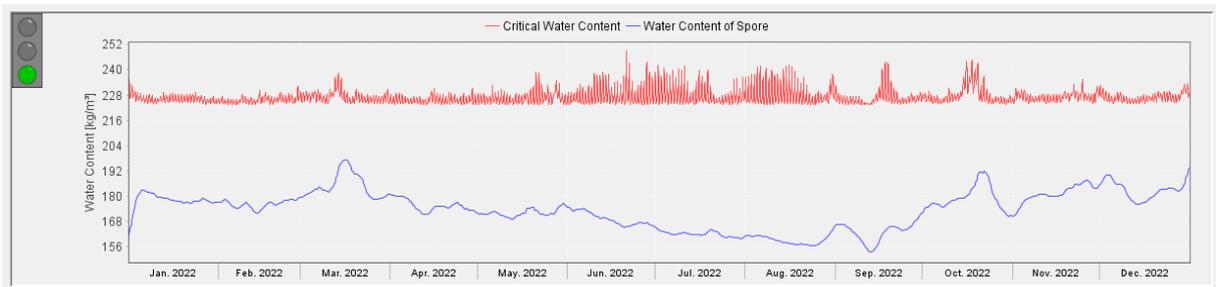
As Figuras 69, 70, 71 e 72 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 69: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



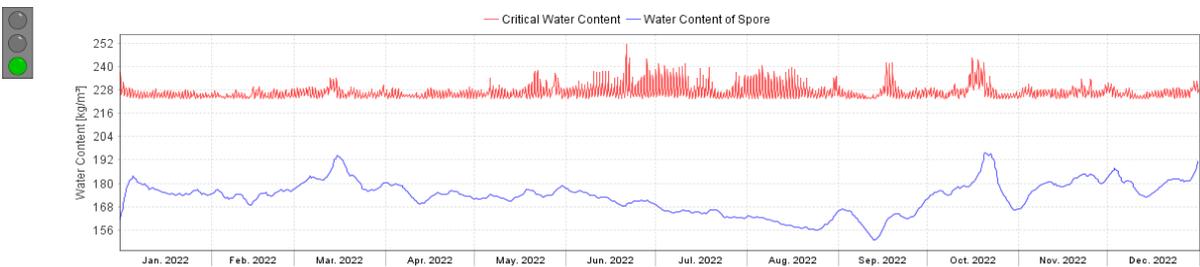
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 70: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



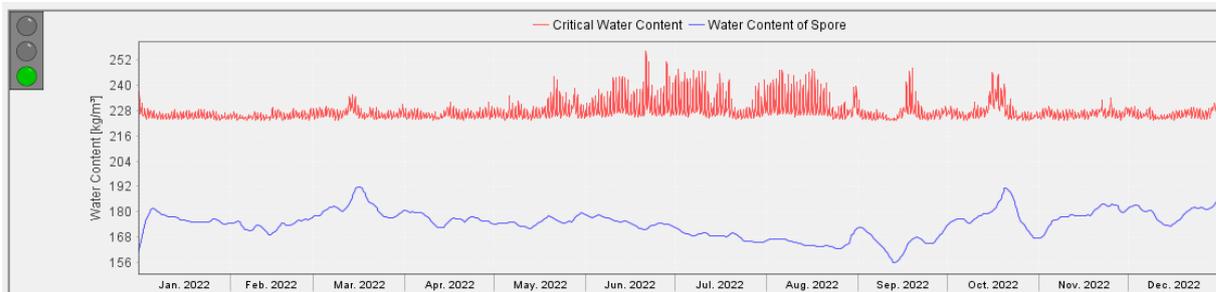
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 71: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 72: HabPadrão – ZB4 – Parede 1 com tinta e orientação Leste

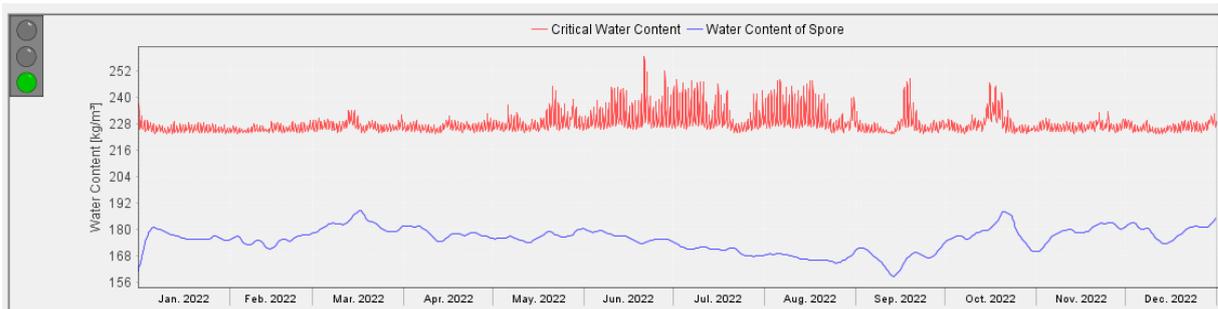


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.4.2 Parede 2

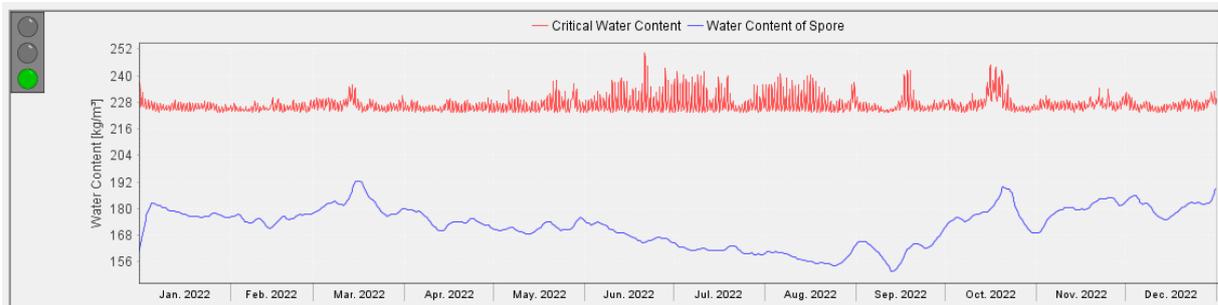
As Figuras 73, 74, 75 e 76 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 73: HabPadrão – ZB4 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



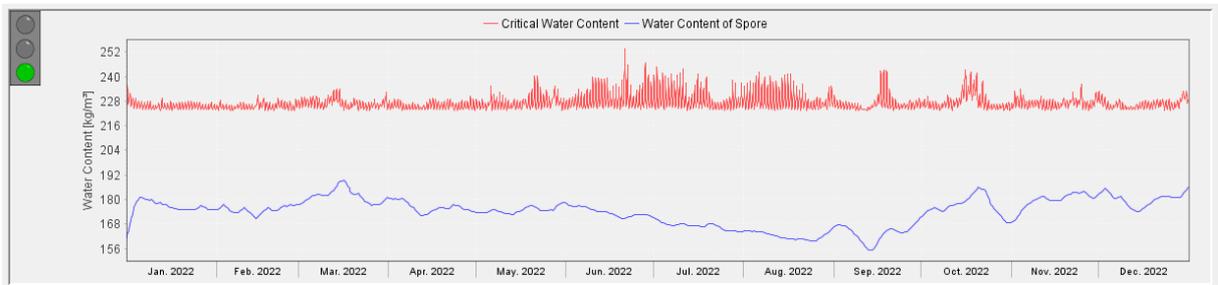
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 74: HabPadrão – ZB4 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



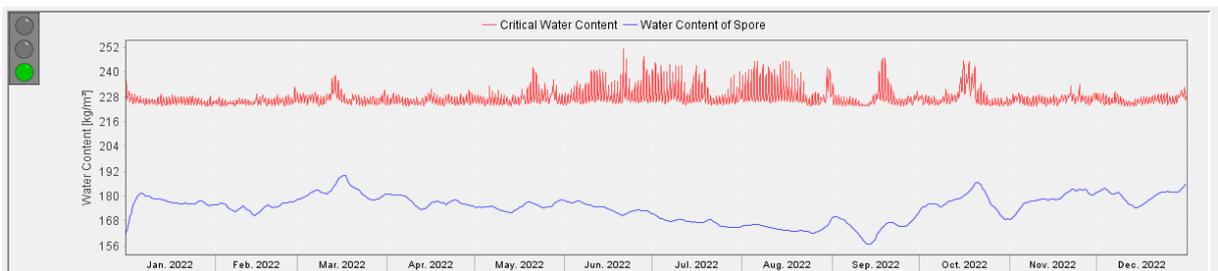
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 75: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 76: HabPadrão – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

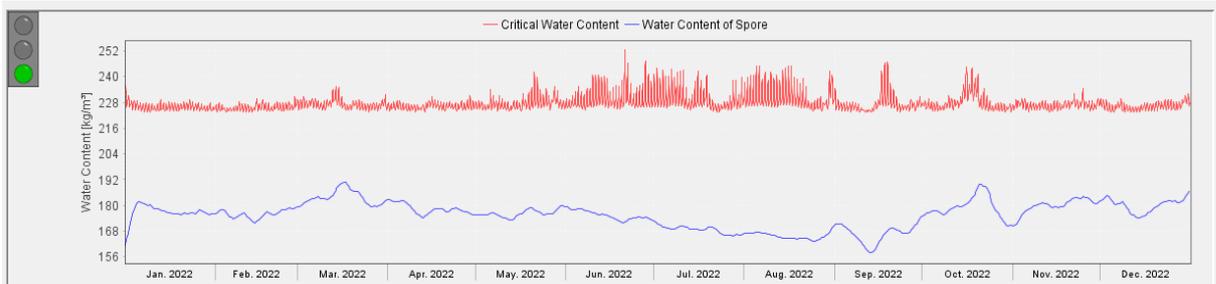


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.4.3 Parede 3

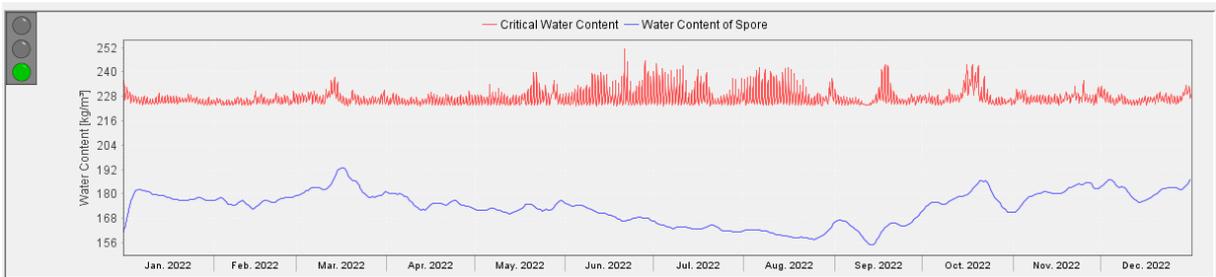
As Figuras 77, 78, 79 e 80 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 77: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



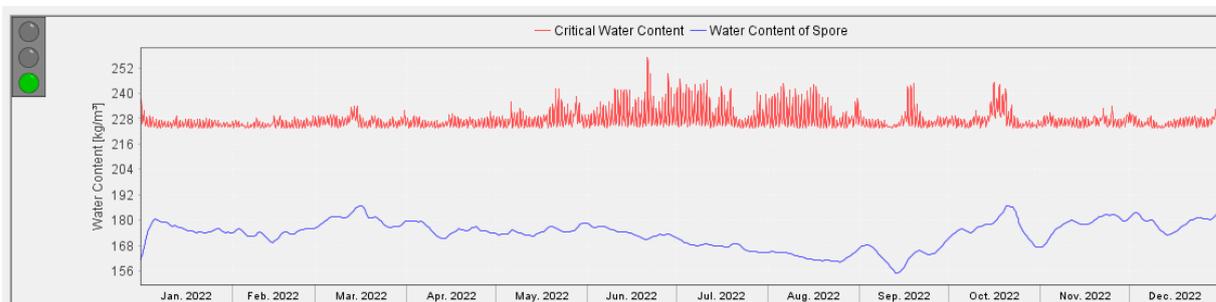
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 78: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



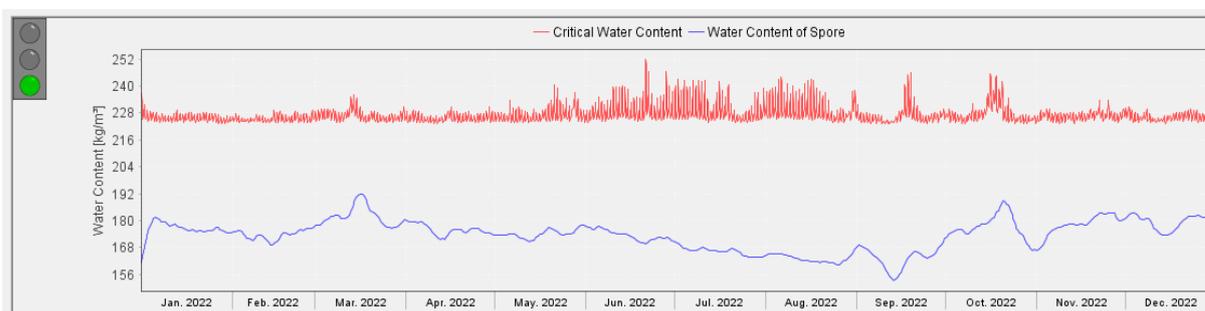
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 79: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 80: HabPadrão – ZB4 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

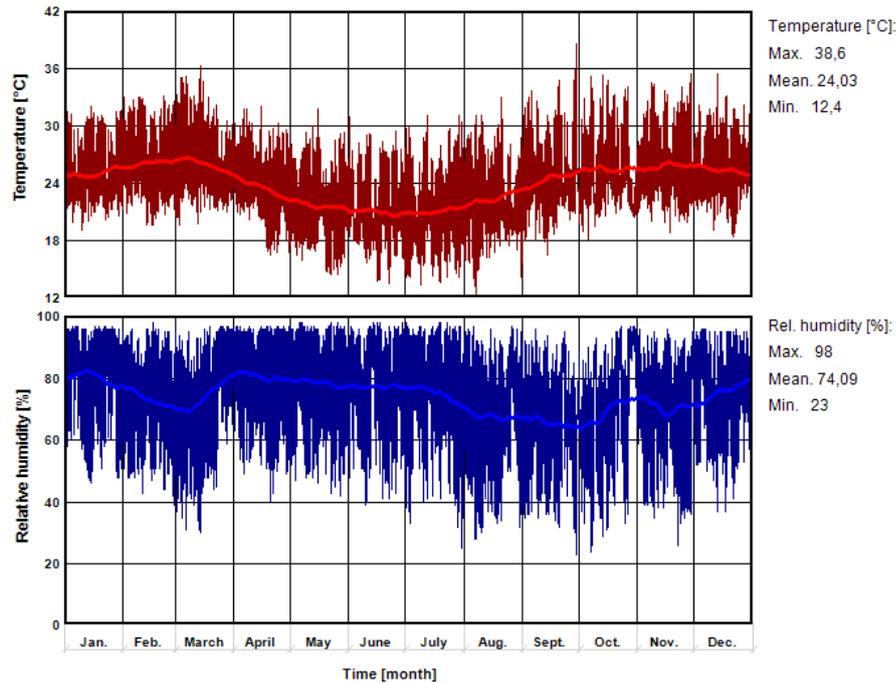
Discussão Zona Bioclimática 4: Após análise dos resultados gerados expostos nas figuras demonstradas no item 4.1.4 podemos afirmar que não há nenhum risco para desenvolvimento de micélios durante o período de um ano. Sendo uma região favorável para este tipo de empreendimento já que todas as paredes em todas as orientações apresentam sinalização verde pelo software Wufi.

4.1.5 Zona Bioclimática 5

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Governador Valadares - MG.

Na Figura 81 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer de um ano. Ao observar os dados é possível identificar que a mínima temperatura registrada para o ano de 2009 foi de 12,4°C e média de 24,03°C e a taxa de umidade relativa média é de 74,09%. A maior temperatura registrada foi de 38,6°C o que podemos concluir que esta zona costuma ser quente na maior parte do ano, e com taxas de umidade relativa altas nos meses de abril, maio e junho, podendo chegar a 98%.

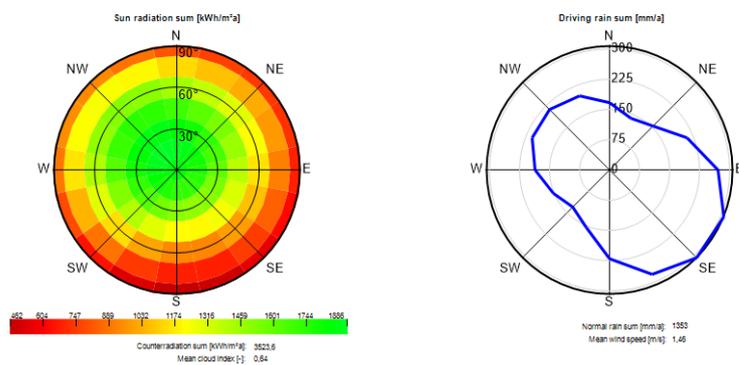
Figura 81: Dados climáticos da cidade de Governador Valadares MG



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 82 é possível observar somente nas orientações sul e sudeste apresentam incidência solar desfavorável.

Figura 82: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Governador Valadares - MG

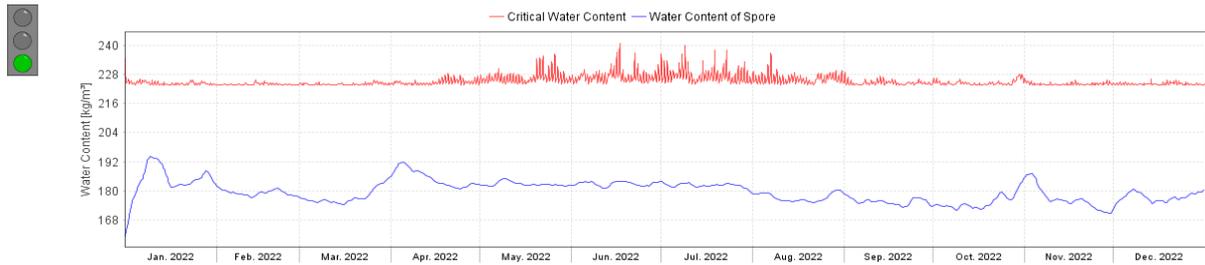


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.5.1 Parede 1

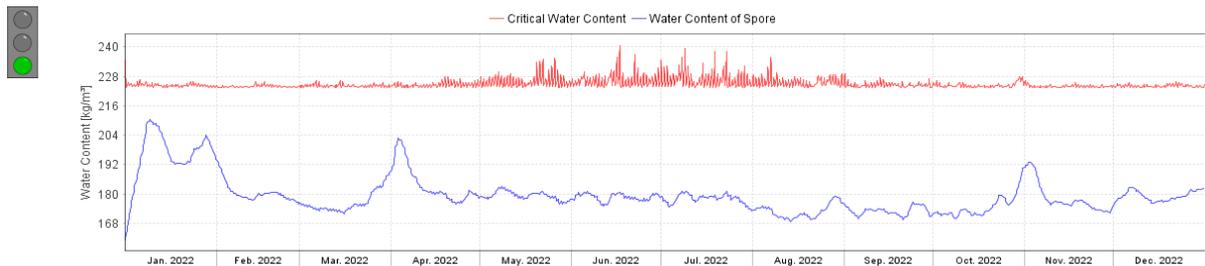
As Figuras 83, 84, 85 e 86 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 83: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



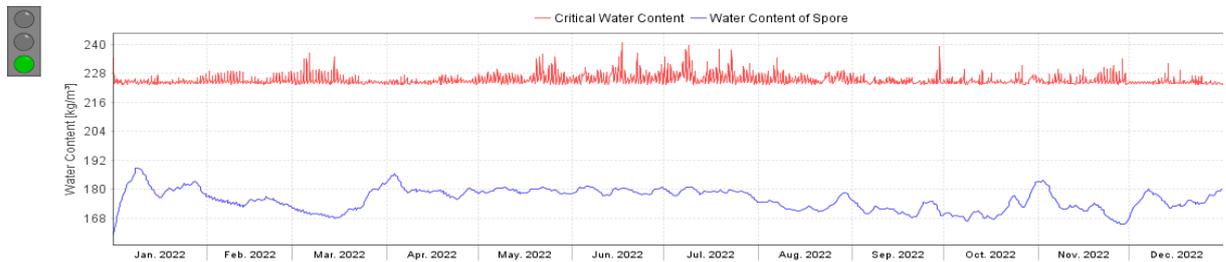
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 84: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



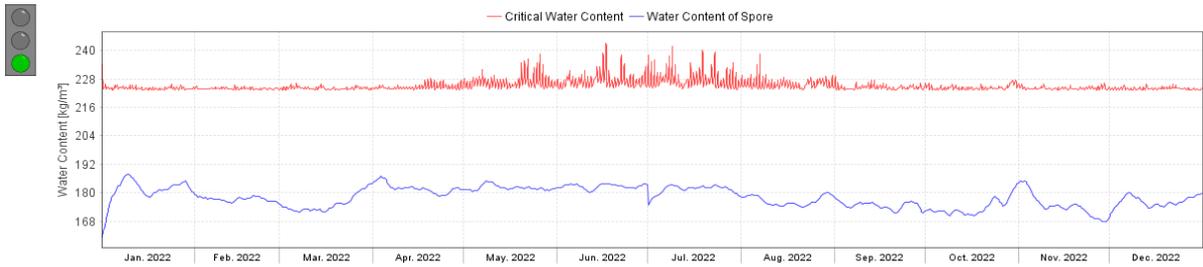
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 85: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 86: HabPadrão – ZB5 – Parede 1 com tinta e orientação Leste

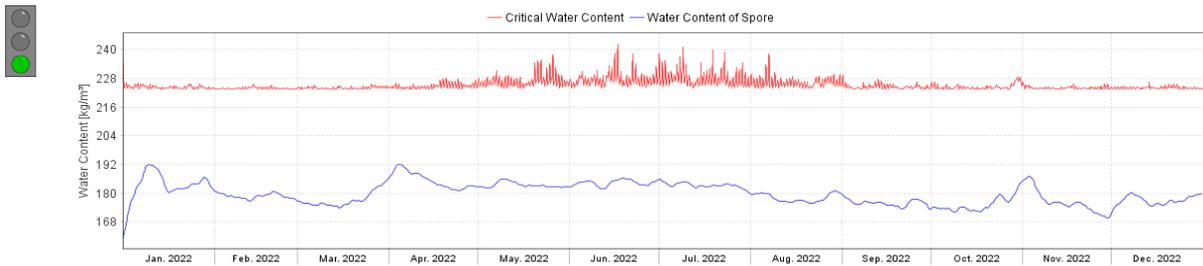


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.5.2 Parede 2

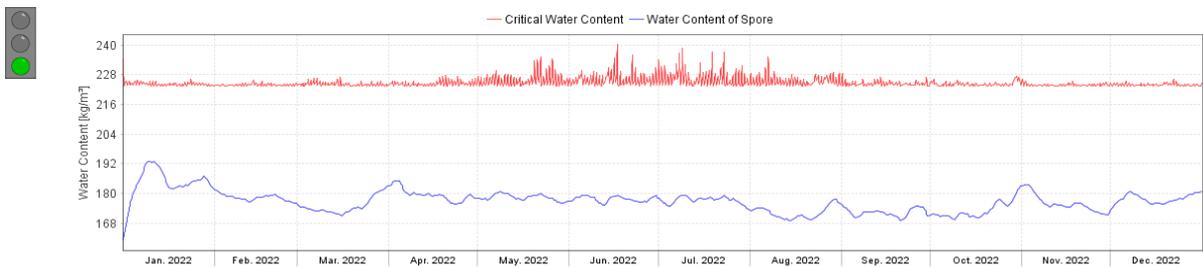
As Figuras 87, 88, 89 e 90 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 87: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



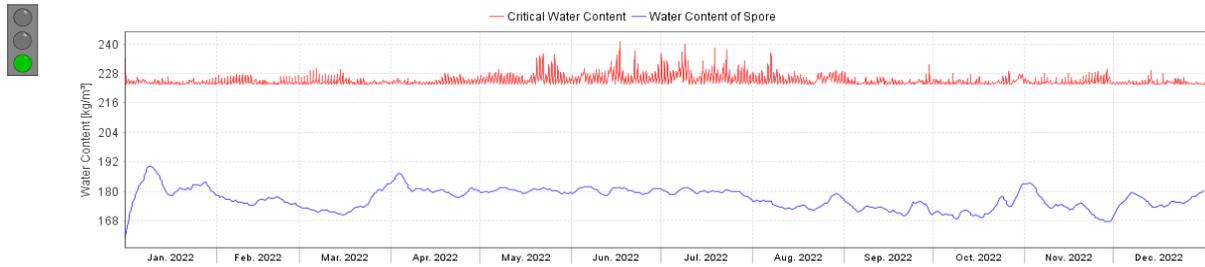
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 88: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



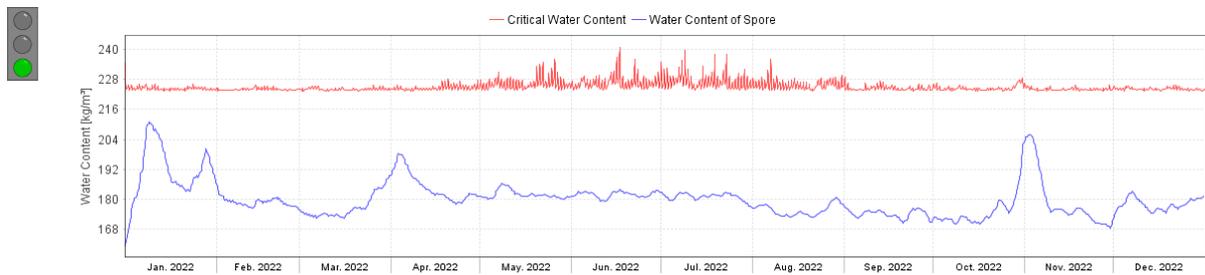
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 89: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 90: HabPadrão – ZB5 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

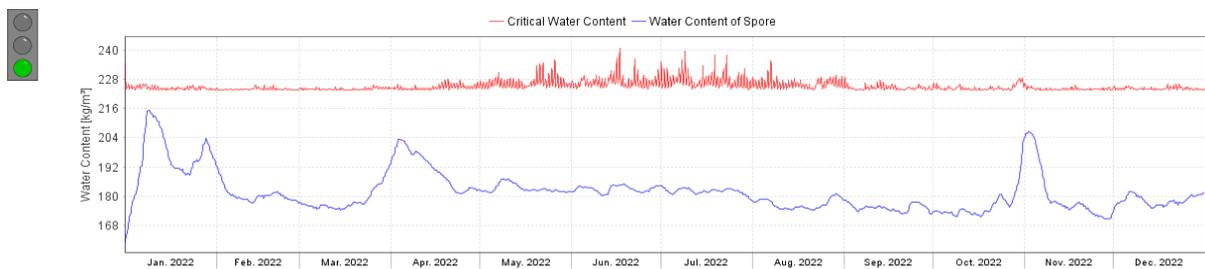


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.5.3 Parede 3

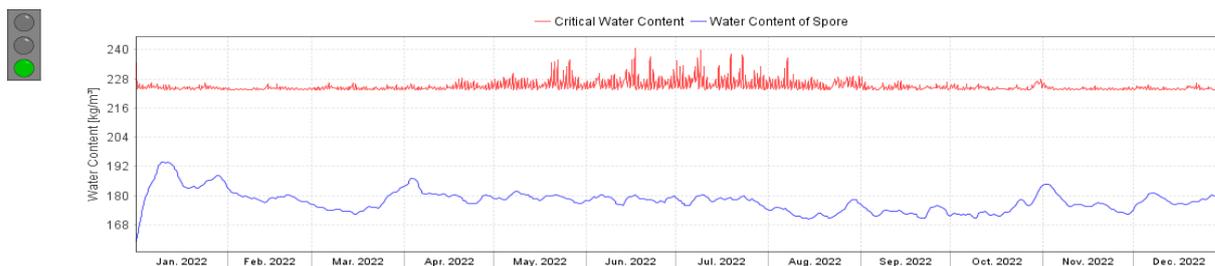
As Figuras 91, 92, 93 e 94 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 91: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



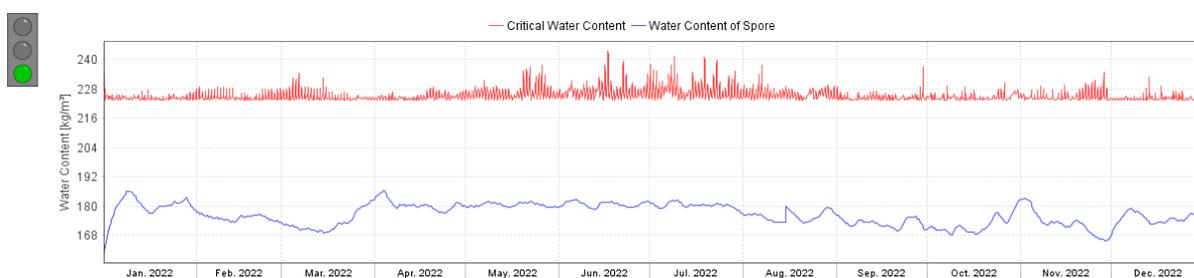
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 92: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



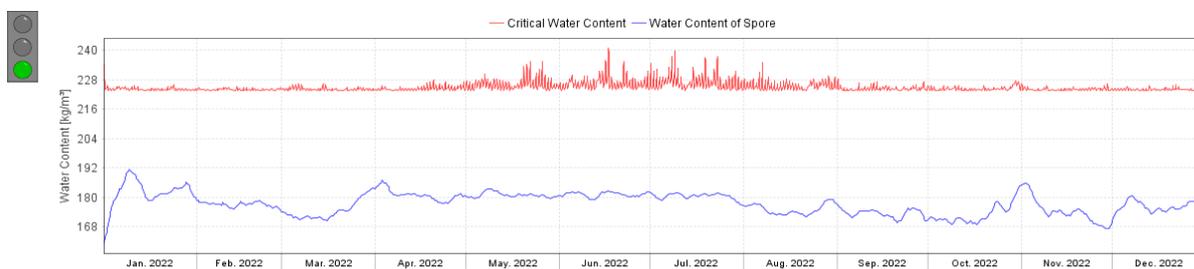
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 93: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 94: HabPadrão – ZB5 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

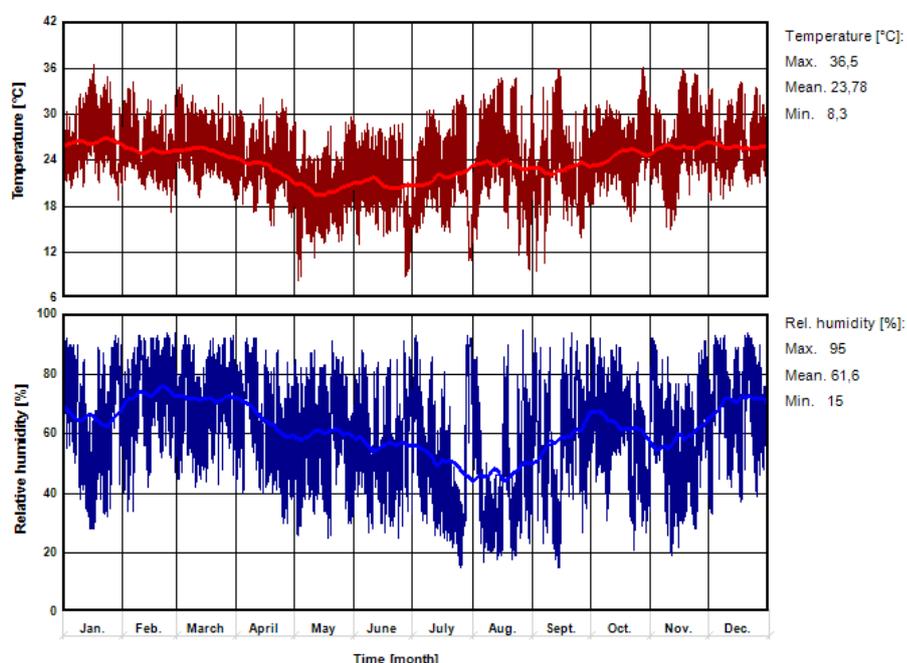
Discussão ZB5: Através da análise dos resultados conclui-se que a zona bioclimática 5 não apresenta índices de crescimento dos micélios, sendo uma região desfavorável ao crescimento de fungos. Apesar de ser uma zona que possui taxas de umidade relativa média de 74,09%, apresenta altas temperaturas que facilitam o processo de secagem da condensação superficial.

4.1.6 Zona Bioclimática 6

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Presidente Prudente - SP.

Na Figura 95 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer do ano de 2006. Ao observar os dados é possível identificar que a mínima temperatura registrada para este ano foi de 8,3°C, a média de 23,78°C e a máxima de 36,5°C, demonstrando ser uma região com altas temperaturas durante o ano. Em relação a umidade relativa é possível observar que apesar de ter registrado a máxima de 95% apresenta uma média de 61,6% e durante os meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro as taxas de umidade são baixas, com mínima registrada de 15%.

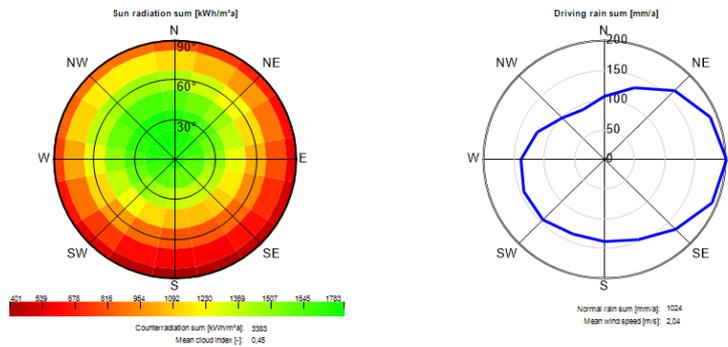
Figura 95: Dados climáticos da cidade de Presidente Prudente - SP



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 96 é possível observar que a maior incidência solar está nas orientações norte e noroeste.

Figura 96: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Presidente Prudente - SP

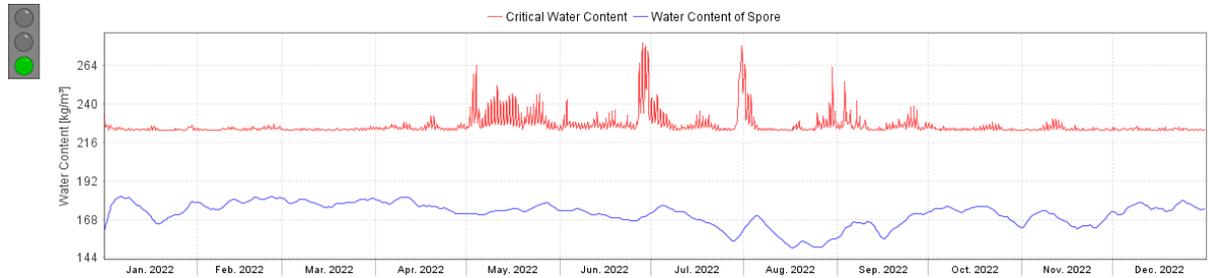


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.6.1 Parede 1

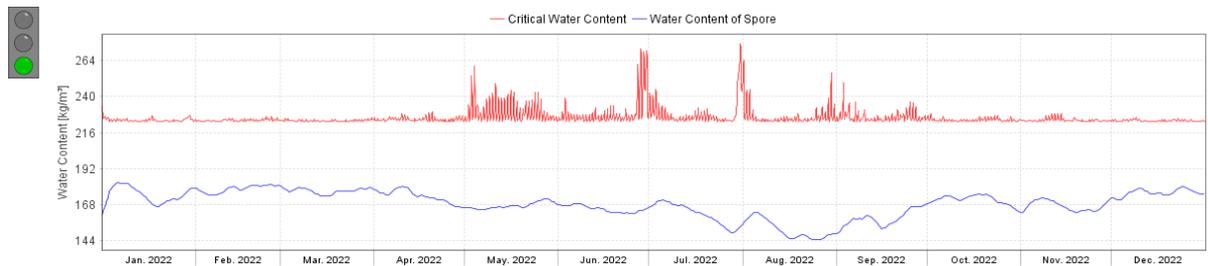
As Figuras 97, 98, 99 e 100 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 97: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



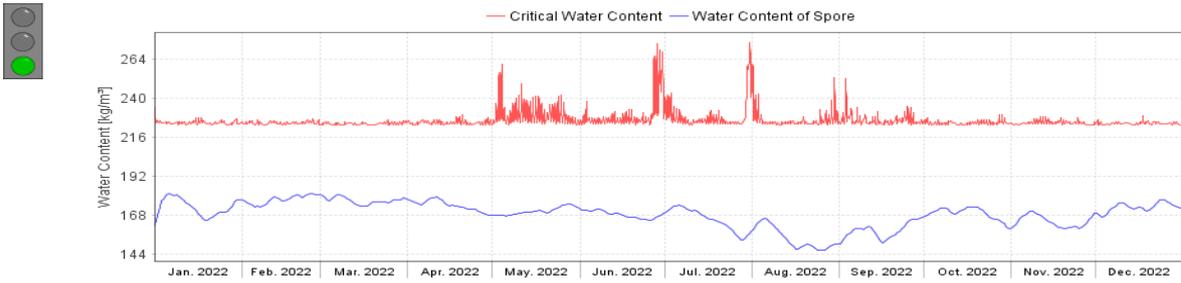
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 98: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



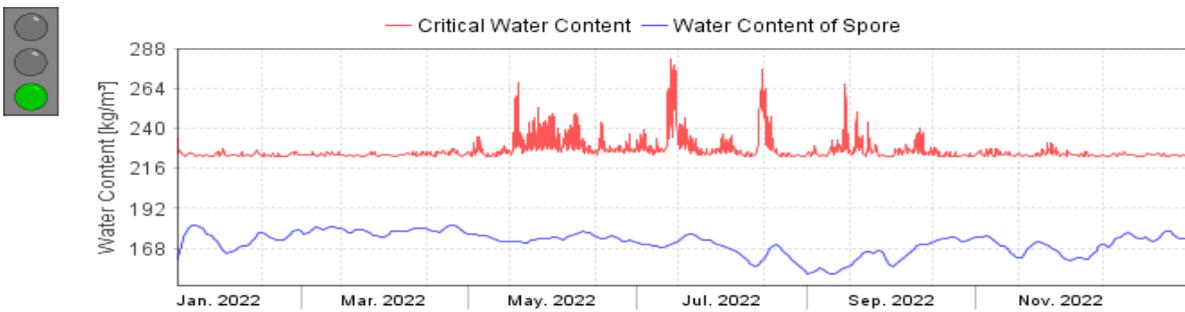
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 99: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 100: HabPadrão – ZB6 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste

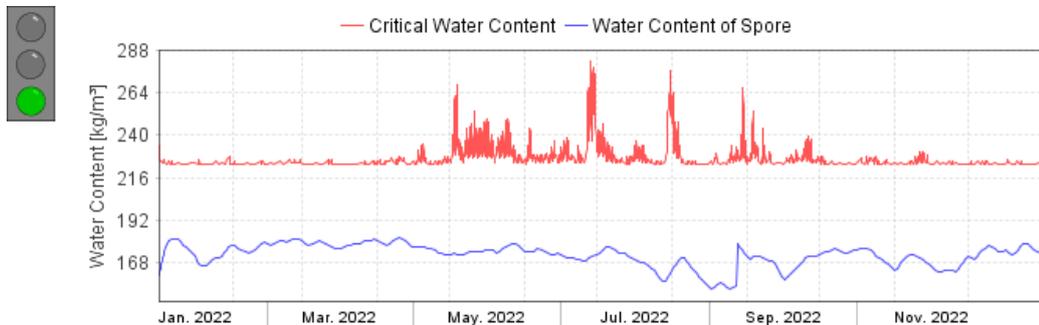


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.6.2 Parede 2

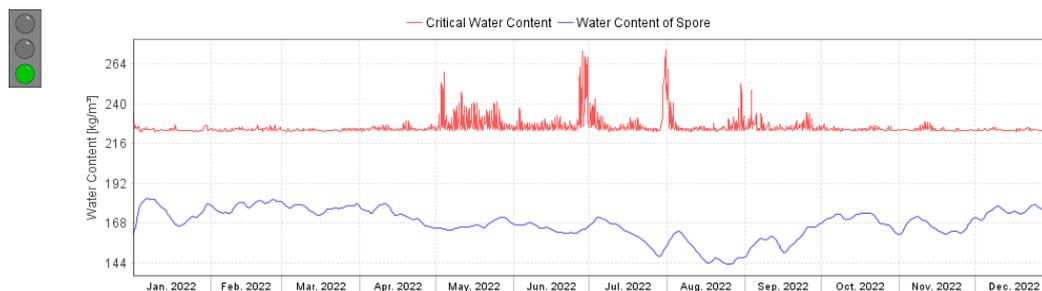
As Figuras 101, 102, 103 e 104 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 101: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



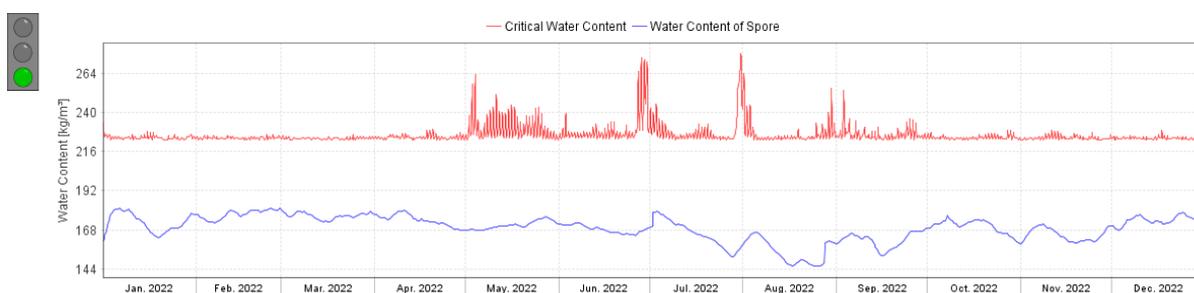
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 102: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



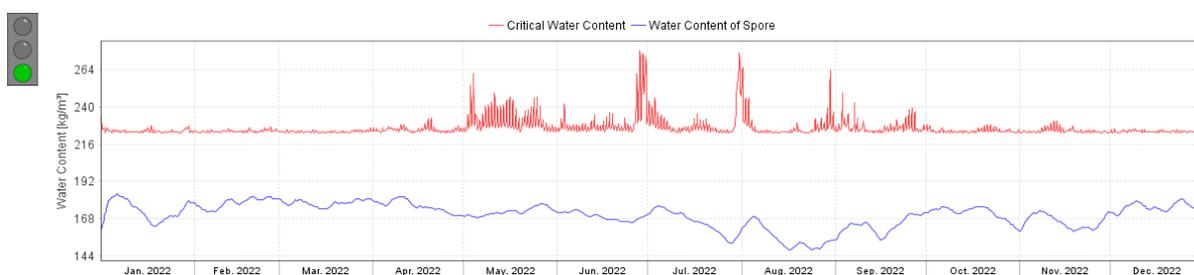
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 103: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 104: HabPadrão – ZB6 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

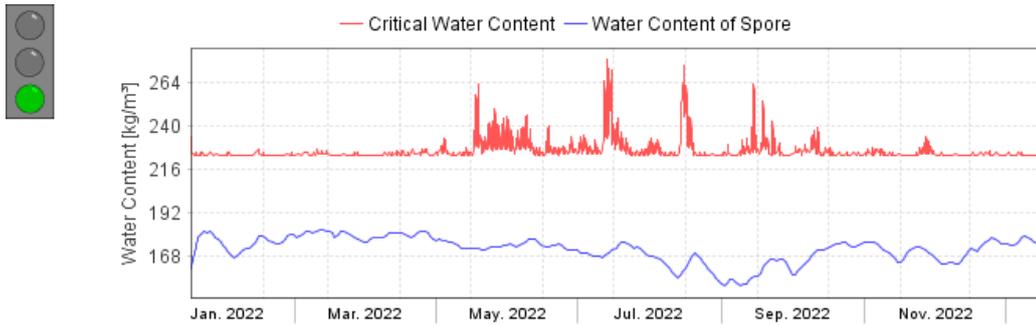


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.6.3 Parede 3

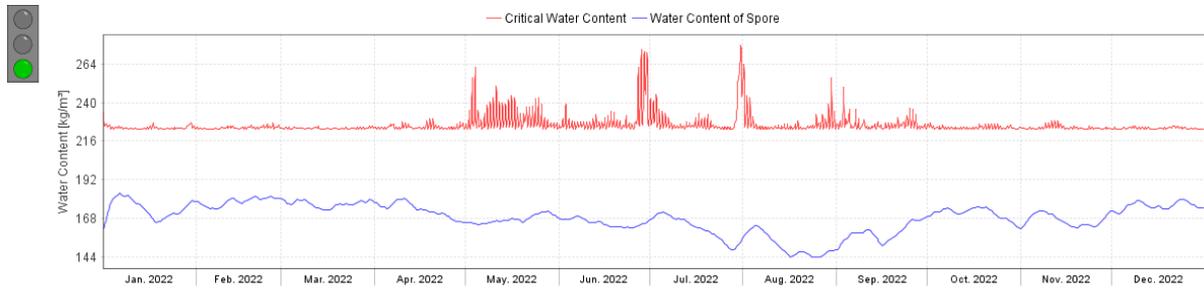
As Figuras 105, 106, 107 e 108 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 105: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



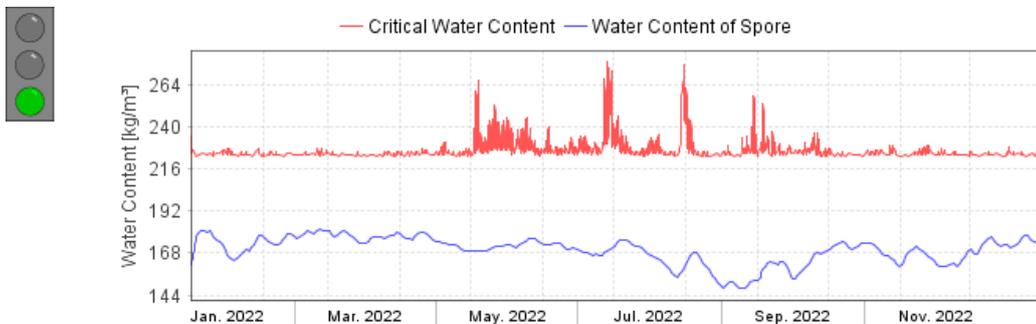
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 106: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



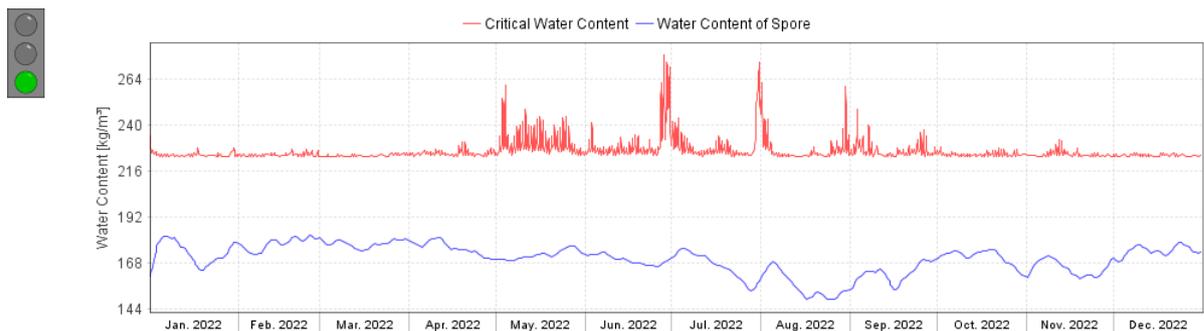
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 107: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 108: HabPadrão – ZB6 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

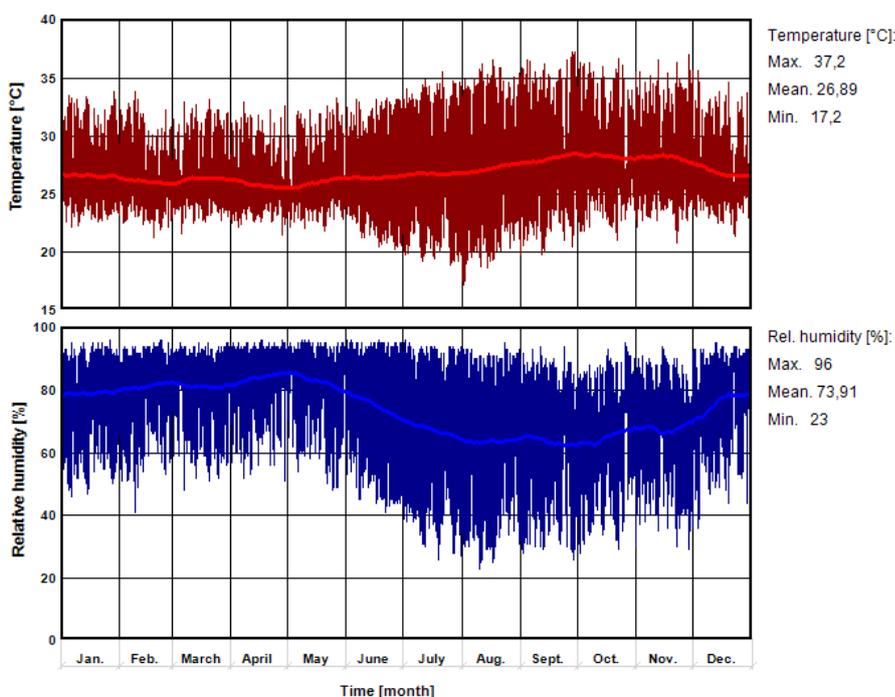
Discussão ZB6: Os gráficos gerados para esta simulação demonstram baixa variabilidade do teor de umidade do esporo e crítico. Através da análise dos resultados conclui-se que a zona bioclimática 6 não apresenta índices de crescimento dos micélios, sendo uma região desfavorável ao crescimento de fungos.

4.1.7 Zona Bioclimática 7

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Imperatriz - MA.

Na Figura 109 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer do ano de 2009. Ao observar os dados é possível identificar que a mínima temperatura registrada para este ano foi de 17,2°C, a média de 26,89°C e a máxima de 37,2°C, demonstrando ser uma região com altas temperaturas durante o ano. Em relação a umidade relativa a máxima registrada de 95% apresenta uma média de 73,91% e mínimas de 23%.

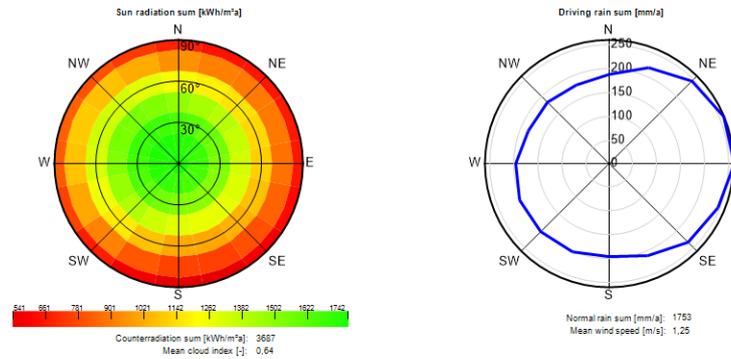
Figura 109: Dados climáticos da cidade de Imperatriz MA



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 110 é possível observar que a maior incidência solar está na maioria das orientações, ficando o pior caso para região sul.

Figura 110: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Imperatriz - MA

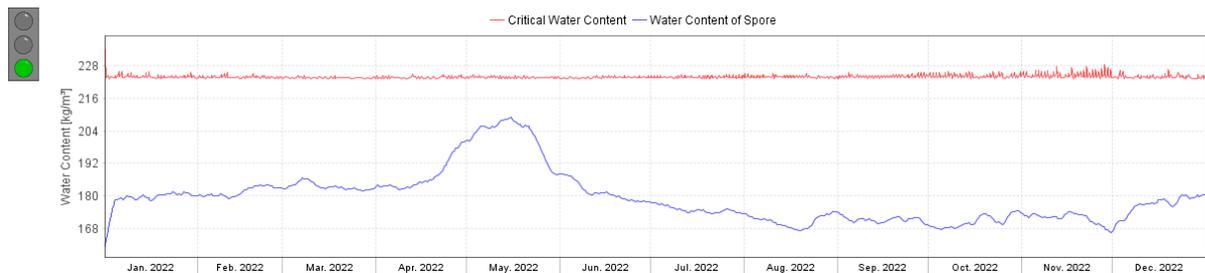


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.7.1 Parede 1

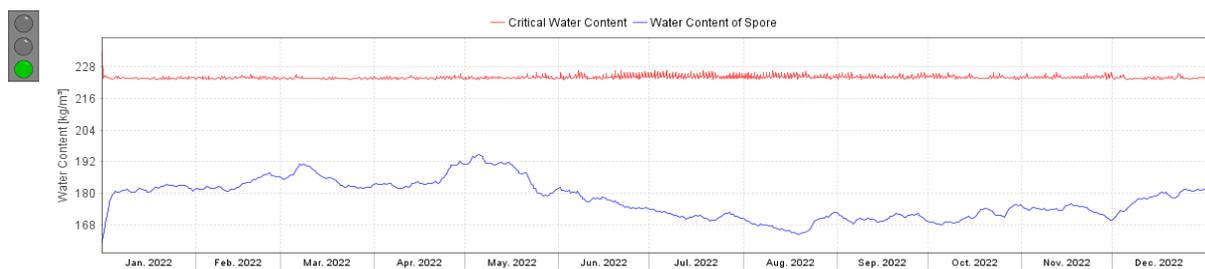
As Figuras 111, 112, 113 e 114 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 111: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



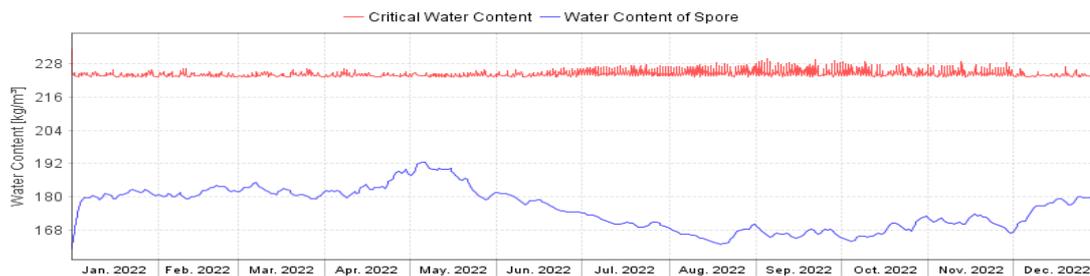
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 112: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



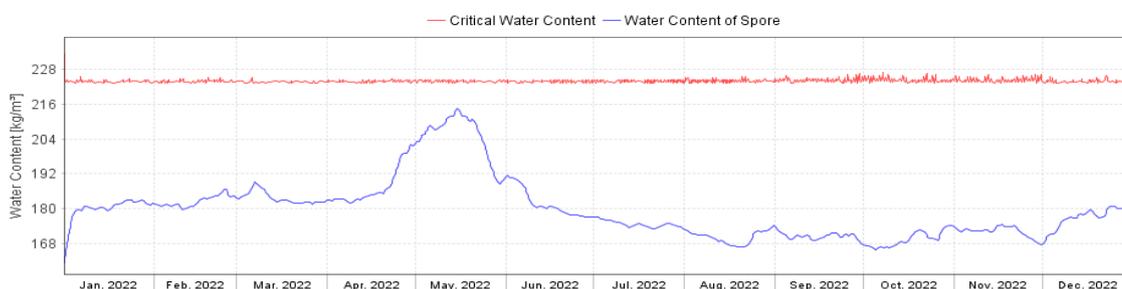
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 113: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 114: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste

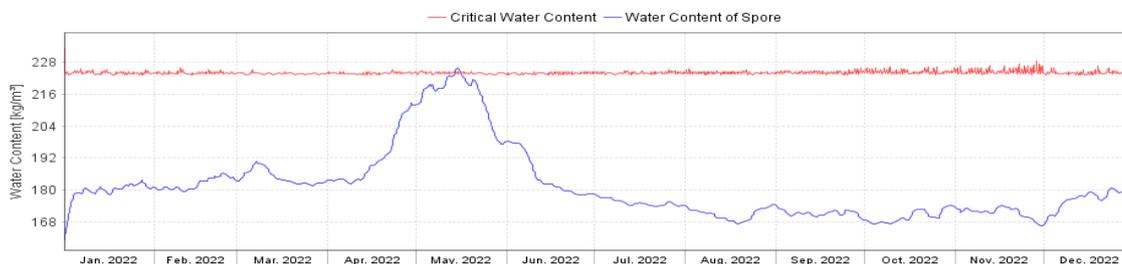


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.7.2 Parede 2

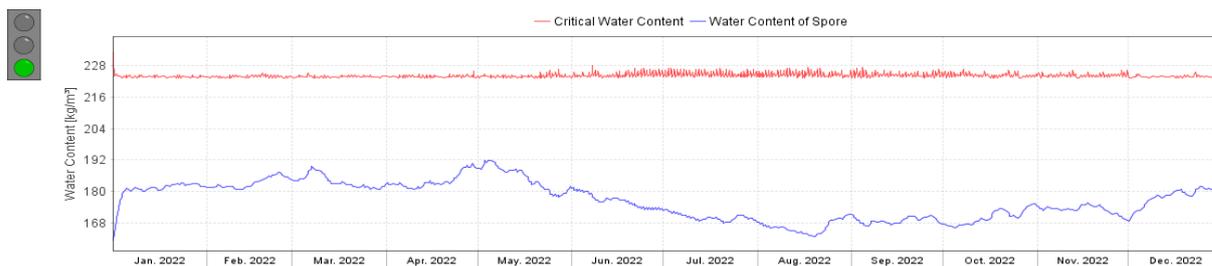
As Figuras 115, 116, 117 e 118 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 115: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



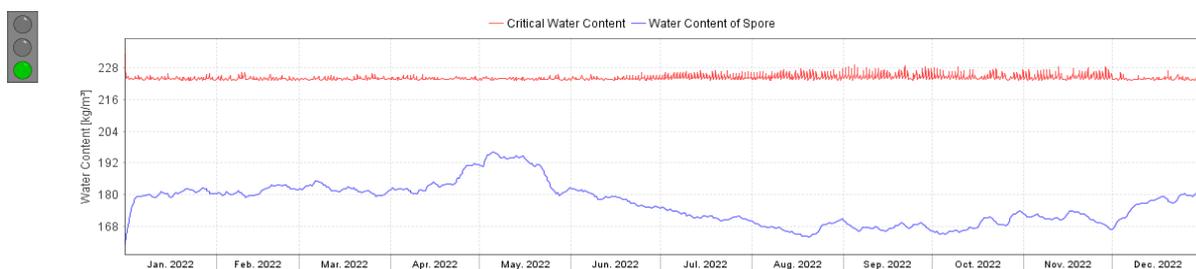
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 116: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



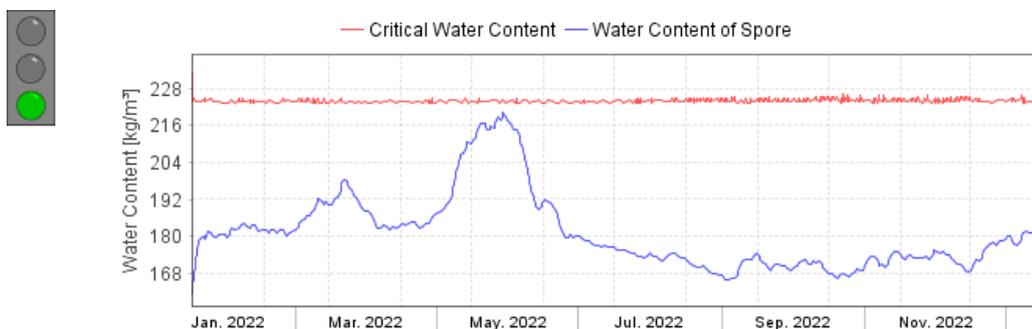
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 117: HabPadrão – ZB7 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 118: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

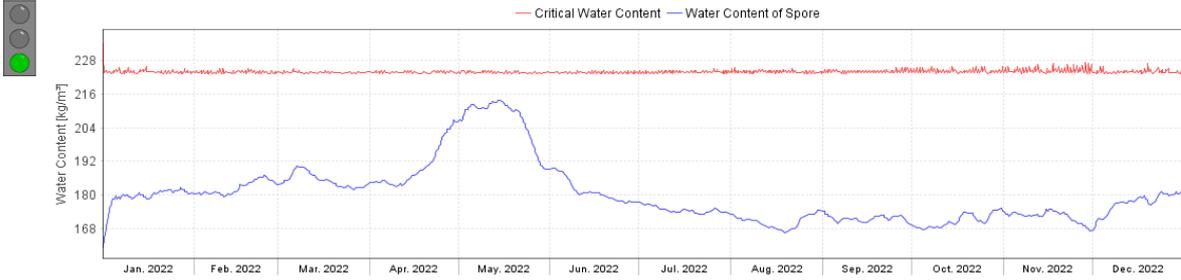


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.7.3 Parede 3

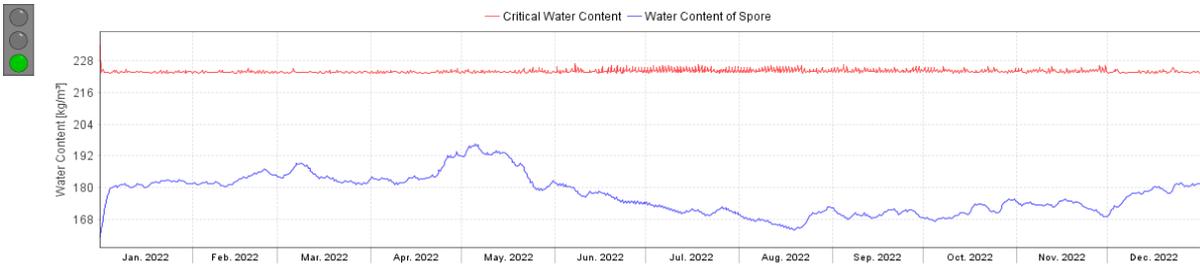
As Figuras 119, 120, 121 e 122 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 119: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



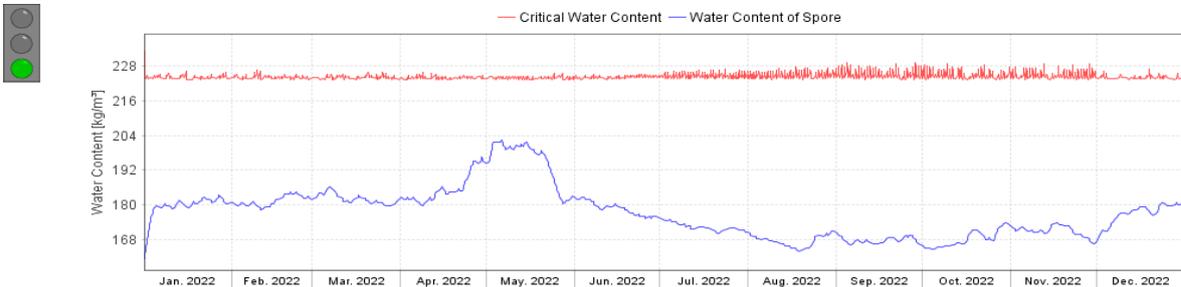
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 120: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



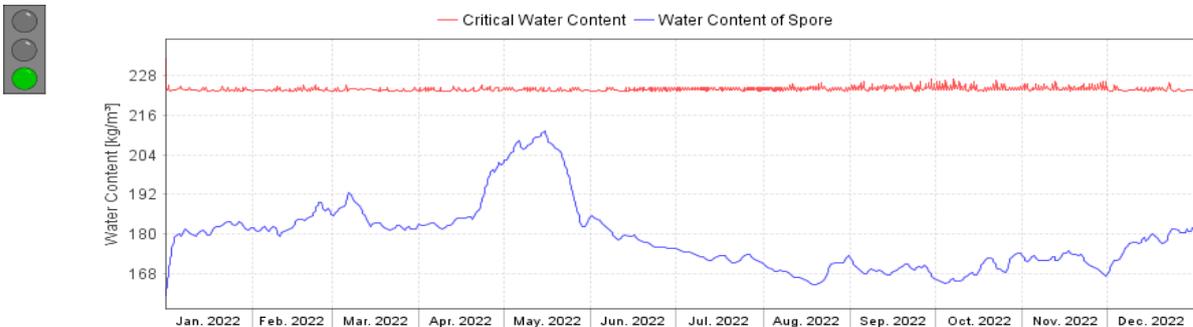
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 121: HabPadrão – ZB7 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 122: HabPadrão – ZB7 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

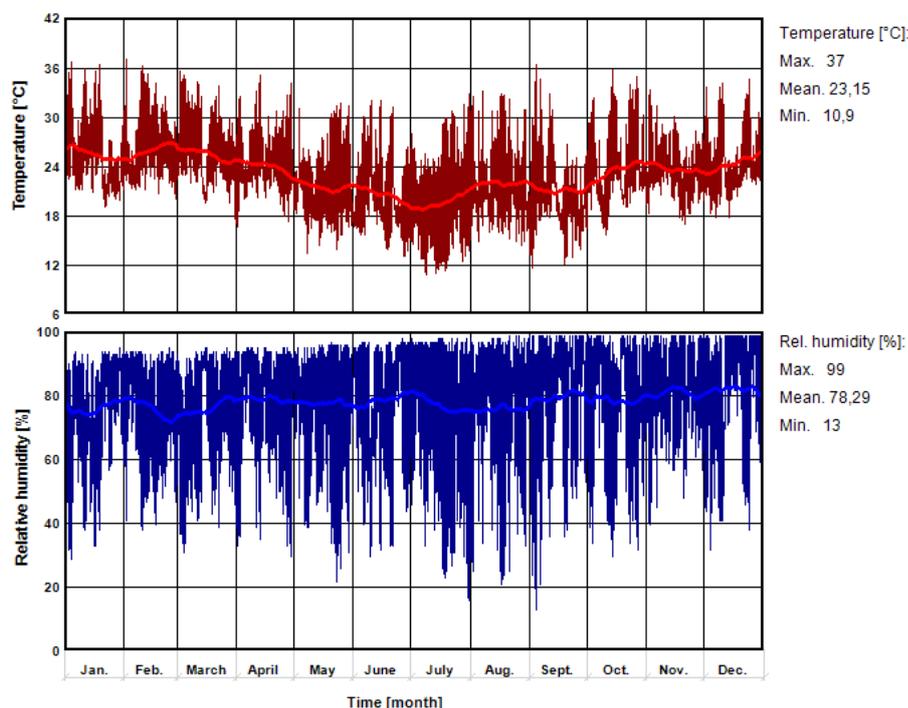
Após a análise dos resultados gerados para esta simulação conclui-se que não há riscos de desenvolvimento de micélios para a zona bioclimática 7.

4.1.8 Zona Bioclimática 8

Para análise da simulação padrão foram utilizados os dados climáticos obtidos através dos relatórios do INMET para a cidade de Rio de Janeiro - RJ.

Na Figura 123 estão demonstrados os gráficos gerados no Software Wufi Plus da variabilidade de temperatura e umidade no decorrer do ano de 2008. Ao observar os dados é possível identificar que a mínima temperatura registrada para este ano foi de 10,9°C, a média de 23,15°C e a máxima de 37°C, demonstrando ser uma região com altas temperaturas durante o ano. Em relação a umidade relativa a máxima registrada de 99% apresenta uma média de 78,29% e mínimas de 13%. Com umidade média na maior parte do ano.

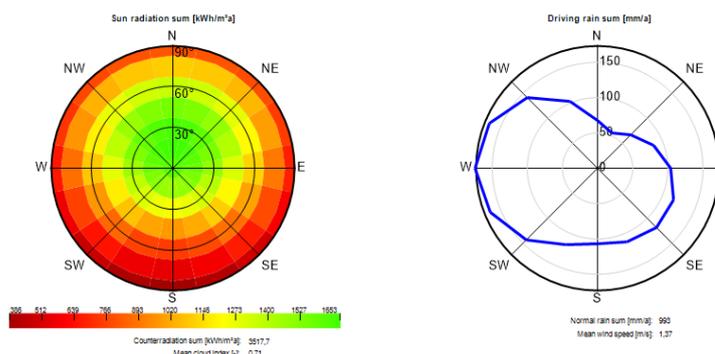
Figura 123: Dados climáticos da cidade de Rio de Janeiro RJ



Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

Para as simulações realizadas foram considerados os dados de chuva dirigida e radiação solar, na Figura 124 é possível observar que a maior incidência solar está na orientação norte, nordeste e noroeste e a chuva dirigida na orientação oeste.

Figura 124: Dados de incidência solar e de chuva dirigida de Rio de Janeiro - RJ

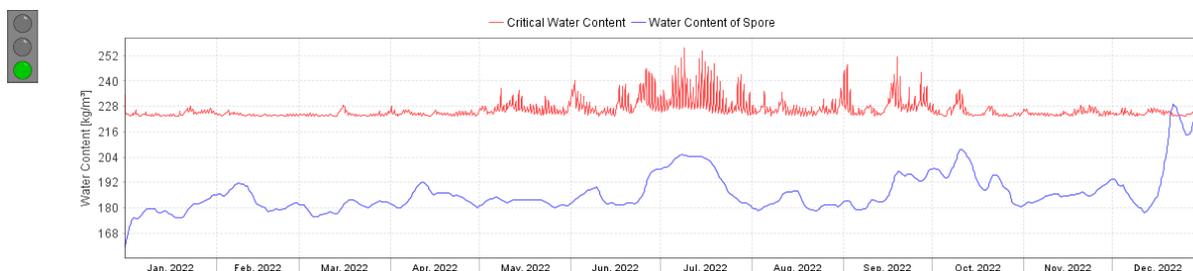


Fonte: Gerado no software Wufi através dos dados climáticos do INMET

4.1.8.1 Parede 1

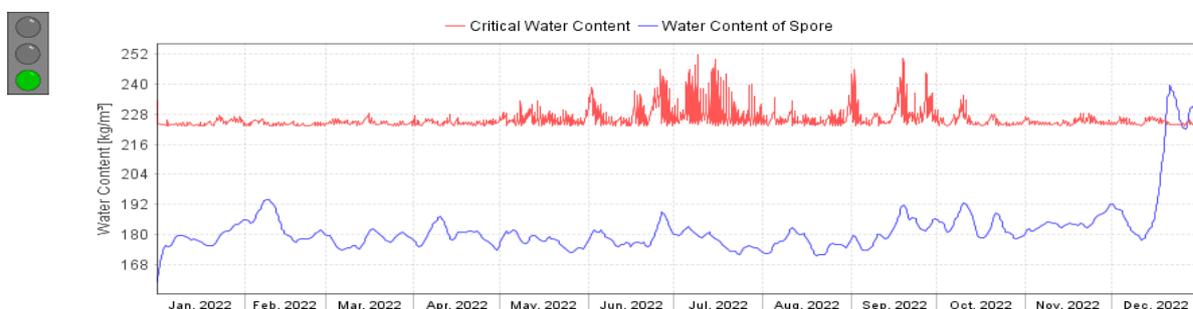
As Figuras 125, 126, 127 e 128 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 125: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



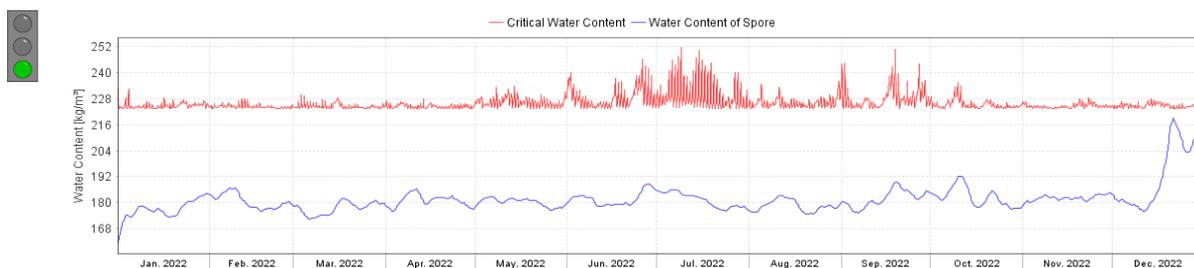
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 126: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



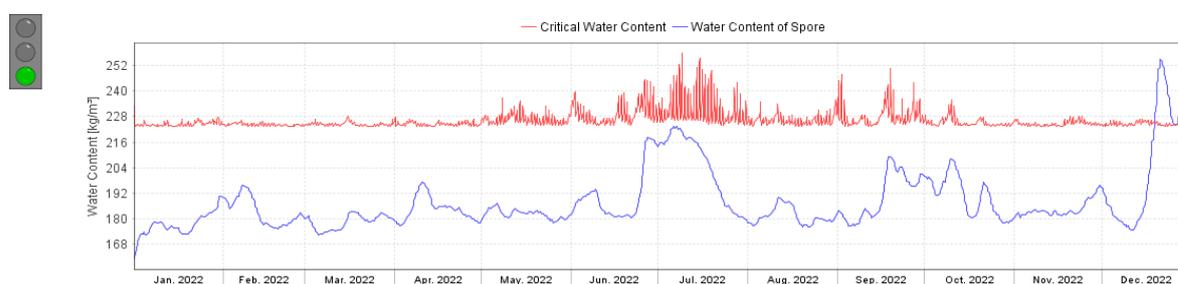
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 127: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 128: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Leste

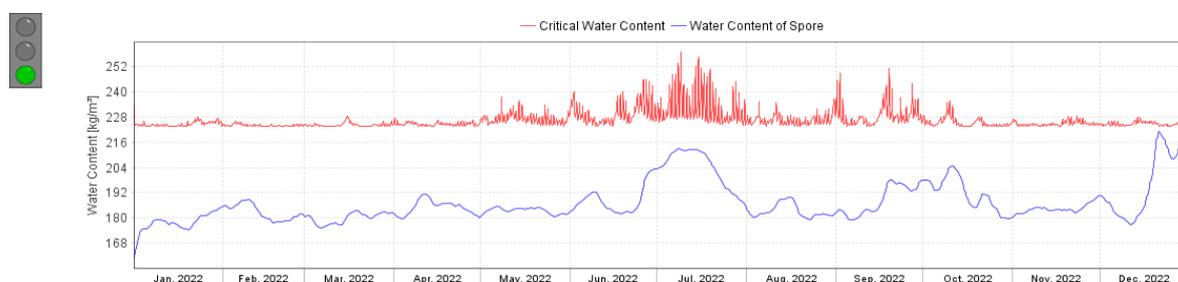


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.8.2 Parede 2

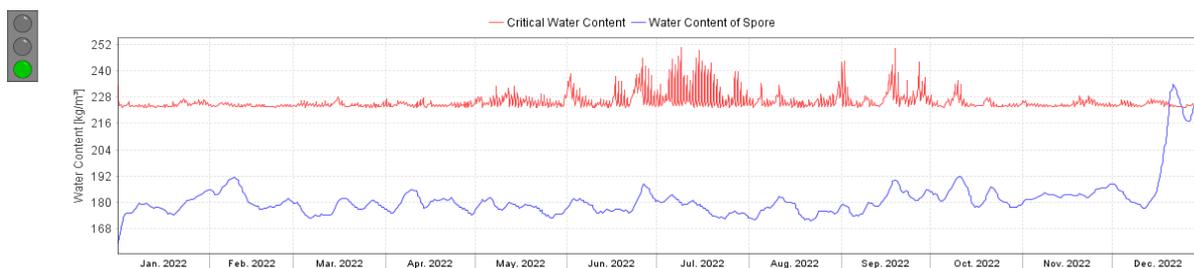
As Figuras 129, 130, 131 e 132 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 129: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



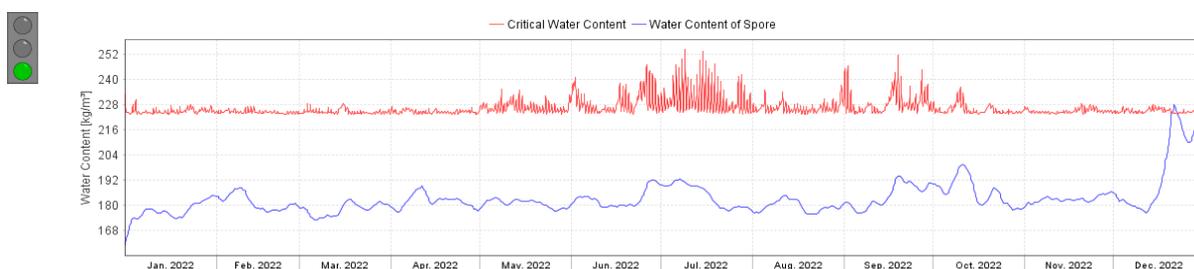
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 130: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



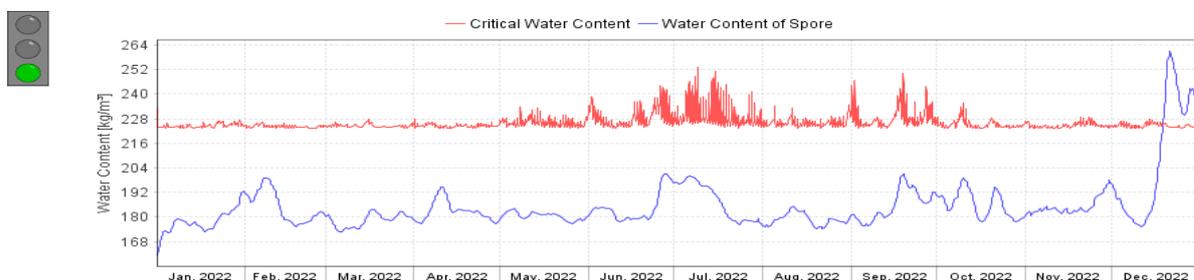
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 131: HabPadrão – ZB8 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 132: HabPadrão – ZB8 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

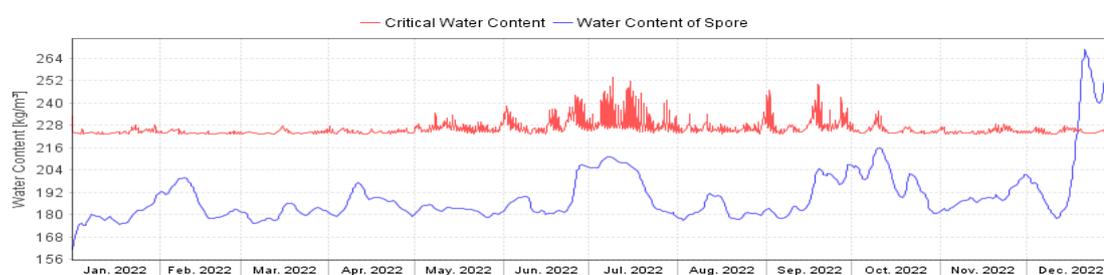


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.1.8.3 Parede 3

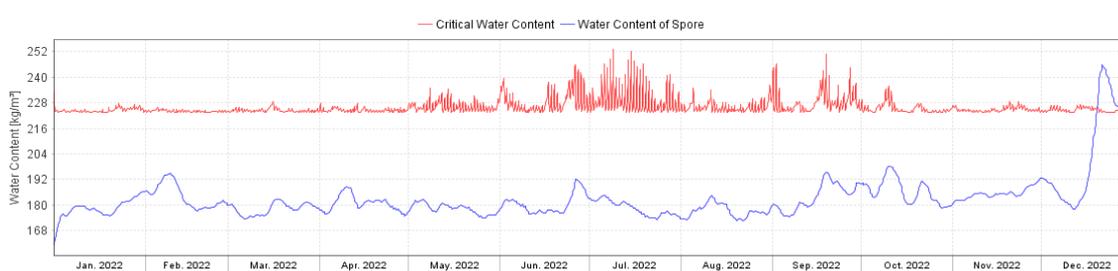
As figuras 133, 134, 135 e 136 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 133: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



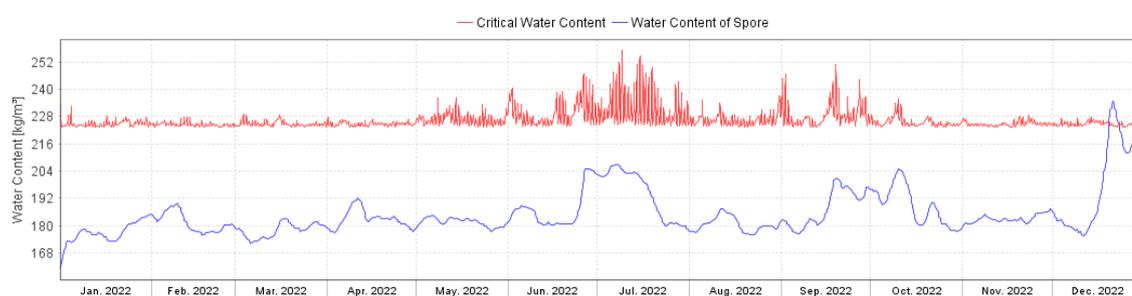
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 134: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



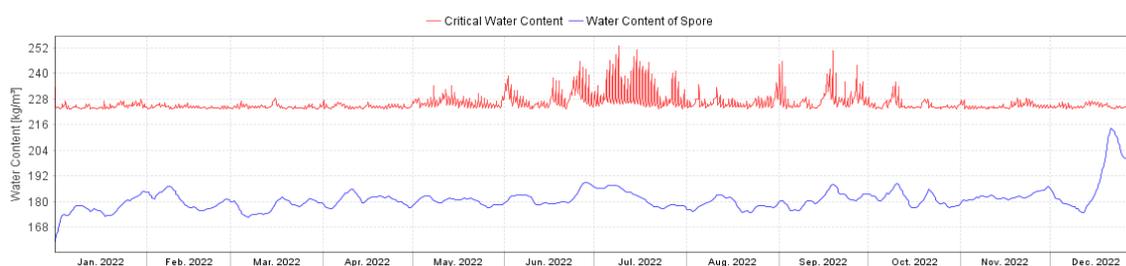
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 135: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 136: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Os dados gerados para esta simulação demonstram não haver grandes riscos de desenvolvimento de fungos nas paredes 1,2 e 3 orientadas para norte, sul, leste e oeste, demonstrando sinalização verde em todas as simulações.

Entretanto a parede 1 com orientação sul, norte e leste, a parede 2 orientada para norte e leste e a parede 3 orientada para sul, norte e oeste apresentaram um pico na curva de teor de umidade de esporo, superando o teor de umidade crítica durante o mês de dezembro. Na figura 123 é possível observar que nesta região há uma baixa na temperatura e a umidade relativa está a 99%. Porém este fator não determina grandes riscos e este tipo de habitação pode ser construída na zona bioclimática 8.

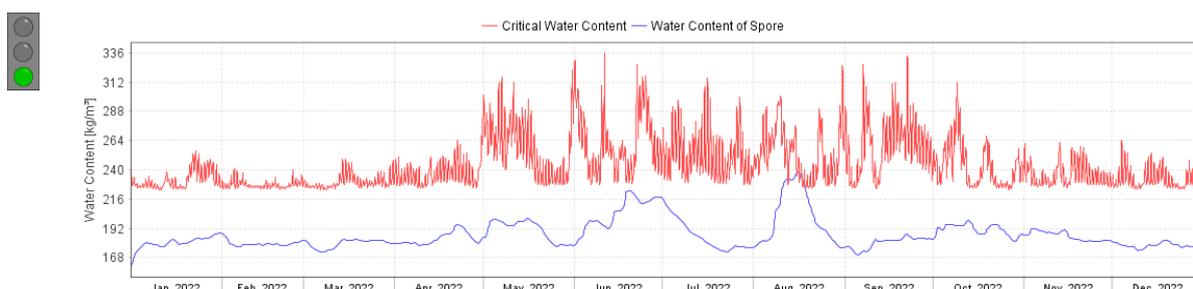
4.2 Habitação com venezianas

Foi identificado no item 4.2 que nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 há possibilidade de geração de microorganismos, dependendo da parede de estudo e sua orientação. Buscando solucionar este problema foi proposto no capítulo 3 aderir ao projeto venezianas que facilitem a renovação do ar no ambiente interno e auxiliam na secagem da condensação superficial.

4.2.1 Zona Bioclimática 1 - Parede 1

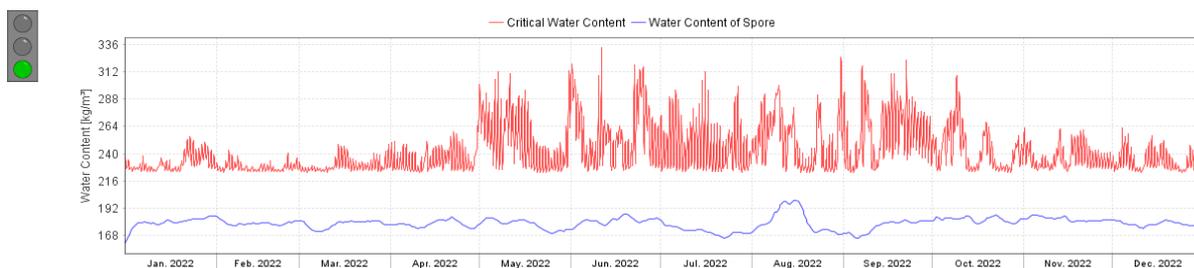
As Figuras 137, 138, 139 e 140 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 nos dormitórios. E as Figuras 141 e 142 apresentam o resumo do índice de crescimento de micélios conforme a orientação.

Figura 137: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



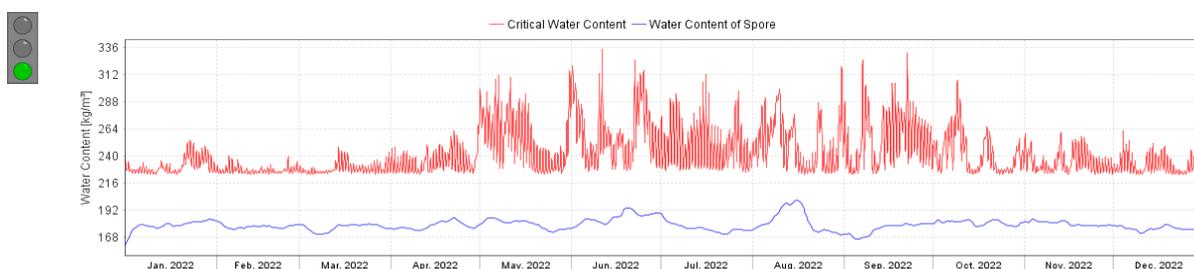
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 138: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



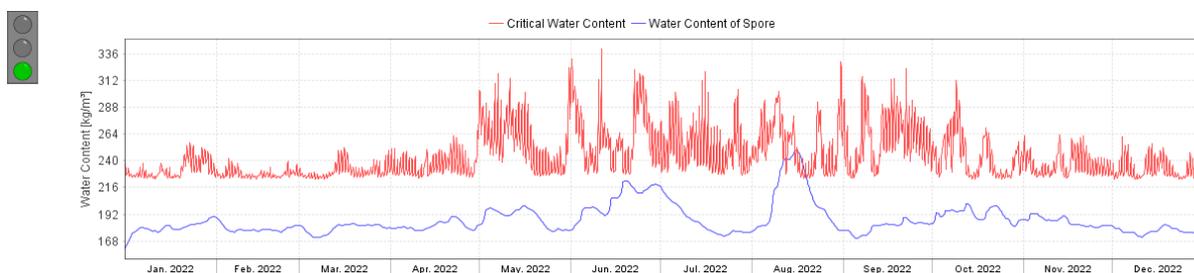
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 139: HabPadrão – ZB8 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

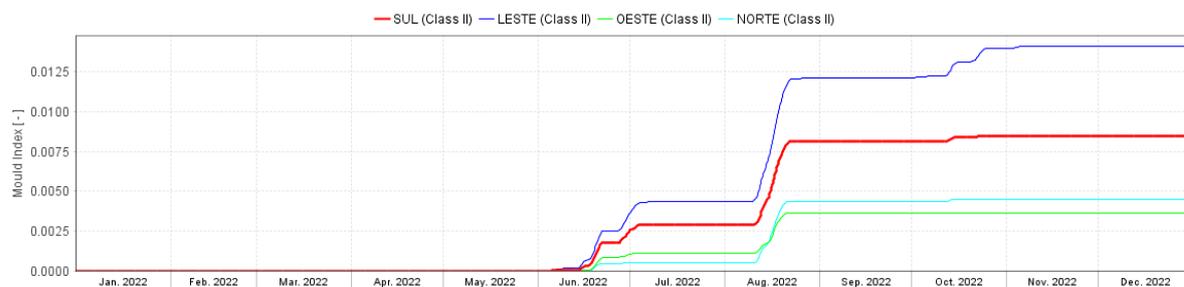
Figura 140: HabVenezianas – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

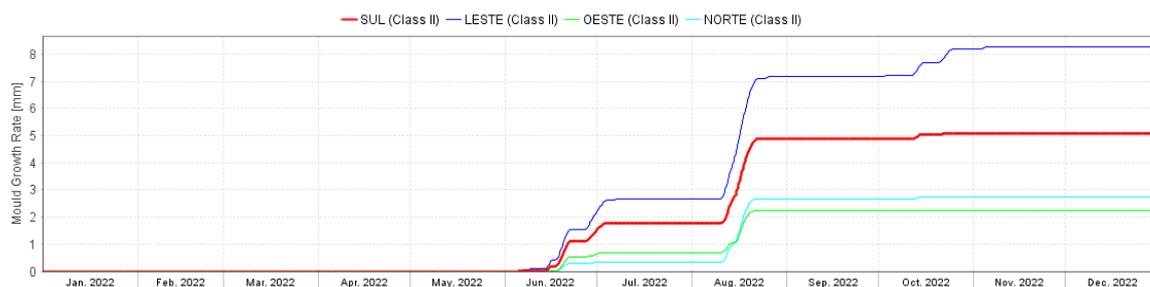
Figura 141: HabVenezianas – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede

1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 142: HabVenezianas – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

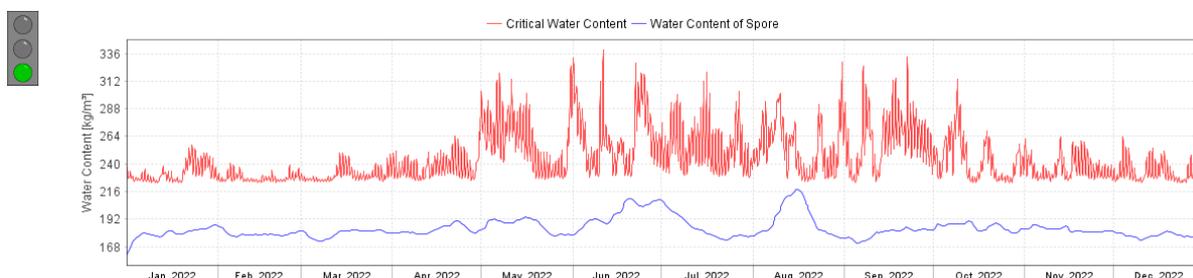
A Figura 142 demonstra que quando instalada venezianas o desenvolvimento de micélios reduz uma média de 92% comparada com as paredes 1 da habitação padrão na ZB1. Nota-se que a curva do teor de umidade segue o mesmo padrão, porém com uma significativa redução no valor máximo de umidade, chegando a 240 kg/m³ na orientação sul.

O crescimento máximo de micélio para esta simulação seria na parede leste com o total de 8 mm/ano, o que não demonstra preocupação quando avaliado o desenvolvimento de microorganismos.

4.2.2 Zona Bioclimática 1 - Parede 2

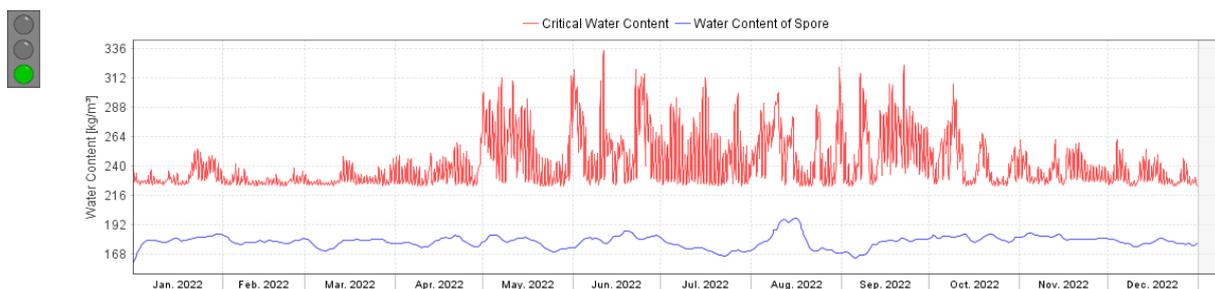
As Figuras 143, 144, 145 e 146 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 143: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



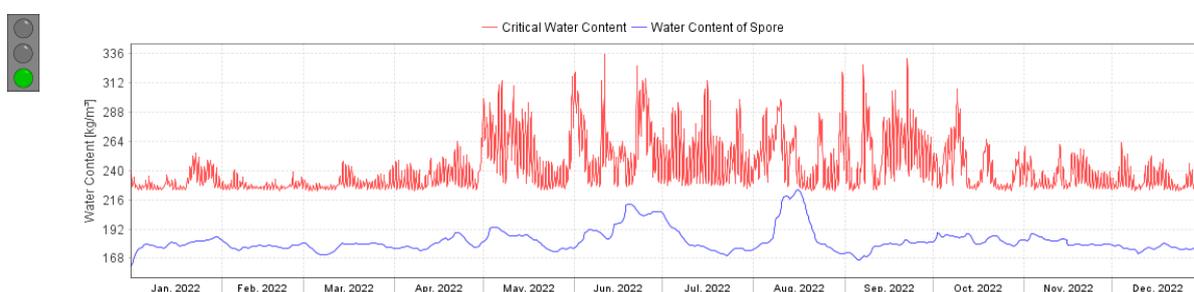
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 144: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



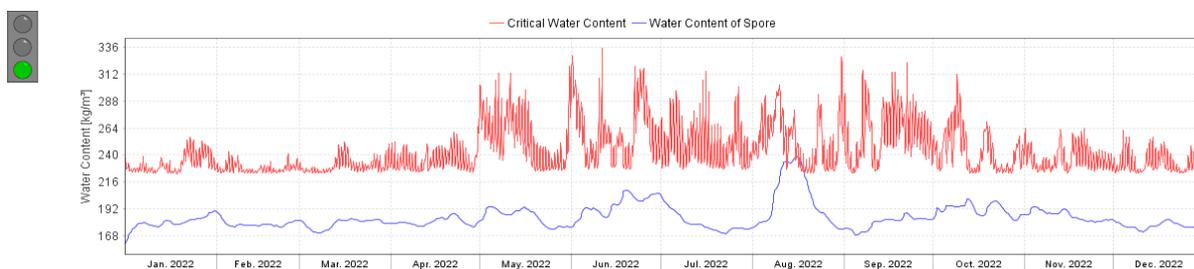
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 145: HabPadrão – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

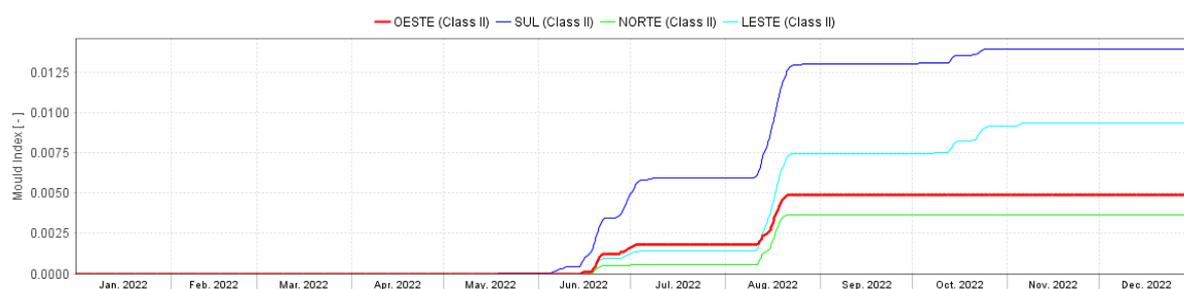
Figura 146: HabVenezianas – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

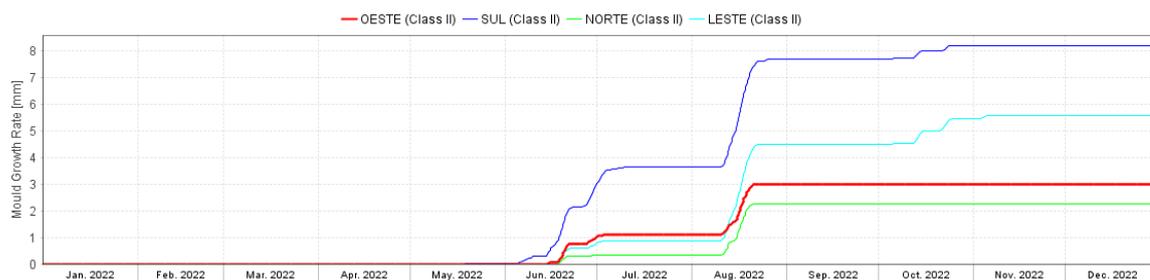
Figura 147: HabVenezianas – ZB1 – Resumo índice crescimento de micélios parede

2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 148: HabVenezianas – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 2



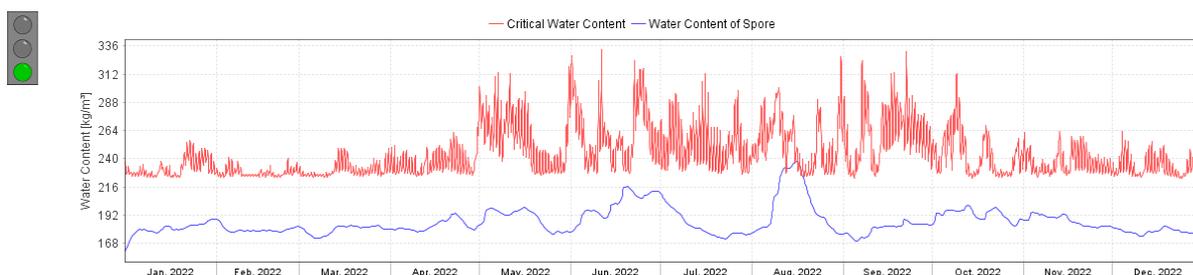
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Ao adicionar as venezianas na simulação padrão a parede 2 reduziu em 43% o índice de crescimento de micélios. Os meses de junho e agosto apresentam uma amplitude na curva do teor de umidade do esporo, principalmente na região sul, isto desencadeia a germinação de fungos, porém como nos meses seguintes a umidade do esporo diminui e mantém-se basicamente constante, não há previsão de crescimento maiores do que 9 mm/ano.

4.2.3 Zona Bioclimática 1 -Parede 3

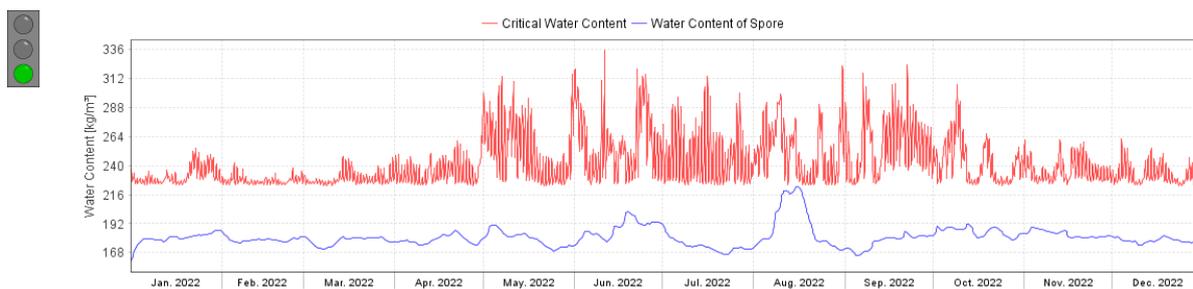
As Figuras 149, 150, 151 e 152 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo gerado para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 149: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



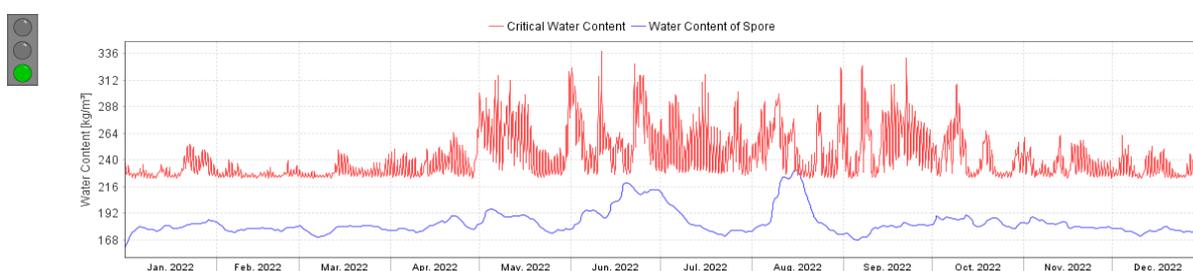
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 150: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



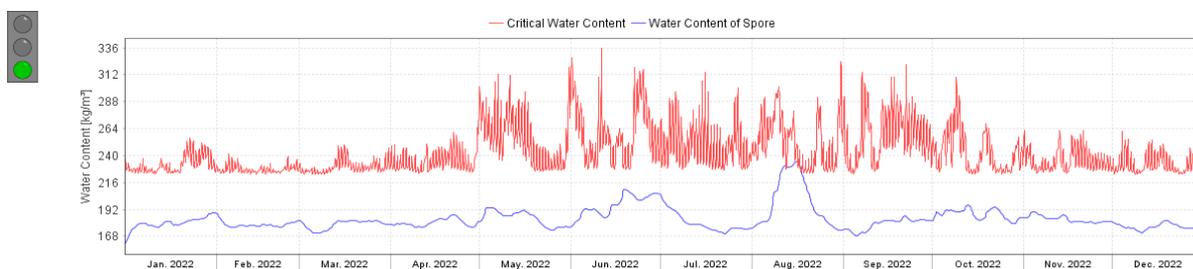
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 151: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



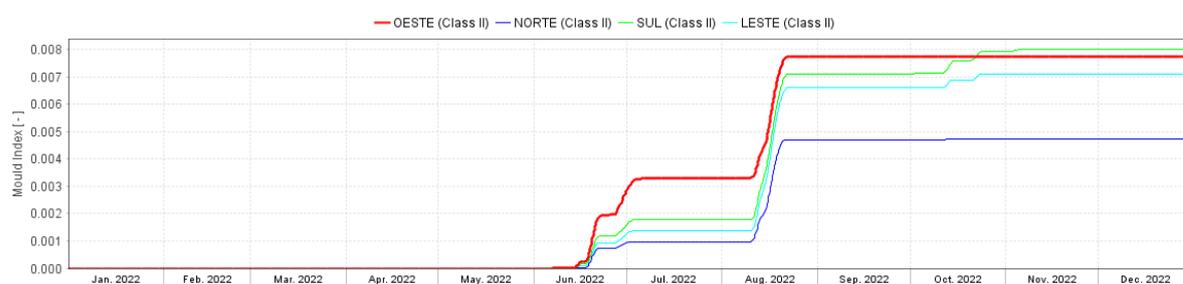
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 152: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



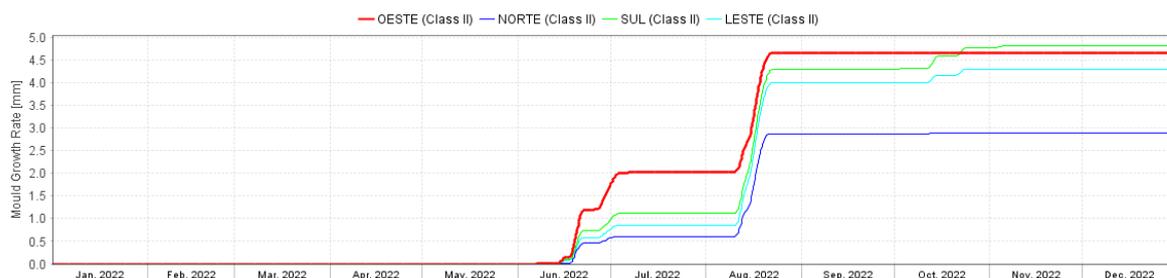
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 153: HabVenezianas – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 154: HabPadrão – ZB1 – Resumo crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

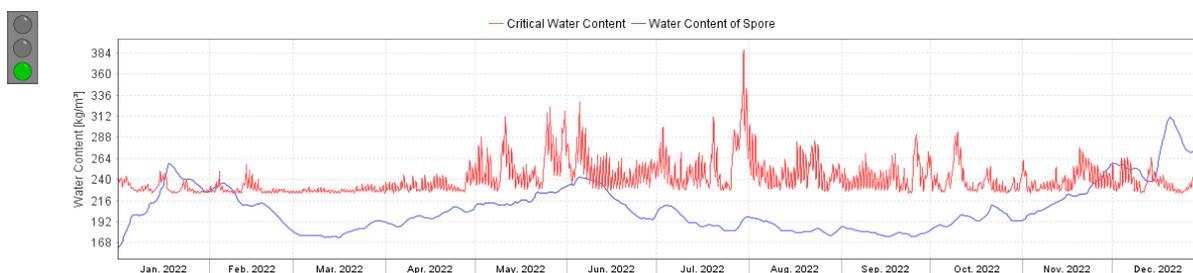
Observando as Figuras 28 e 154 é possível observar a redução considerável no índice de crescimento dos micélios para a parede oeste.

Na parede 3 foi possível uma redução média de 59% do índice de desenvolvimento dos fungos, lembrando que nesta parede não foram instaladas venezianas, mas o fato de possuir 5 renovações/hora no interior do ambiente já auxiliam muito na redução deste problema.

4.2.4 Zona Bioclimática 2 - Parede 1

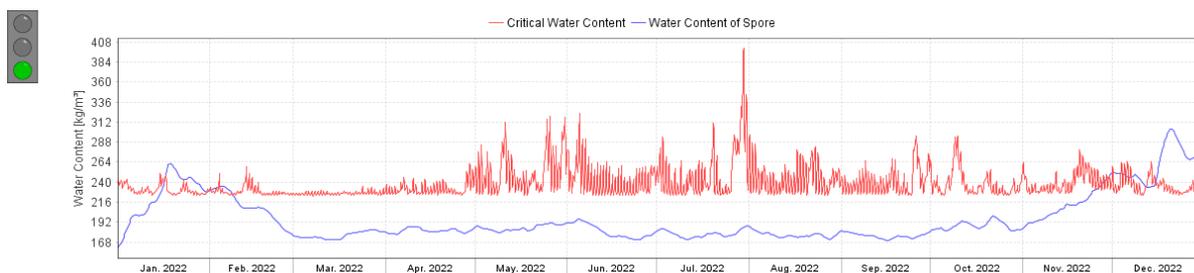
As Figuras 155, 156, 157 e 157 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. As Figuras 158 e 159 representam o gráfico comparativo do desenvolvimento de micélios para cada orientação.

Figura 155: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



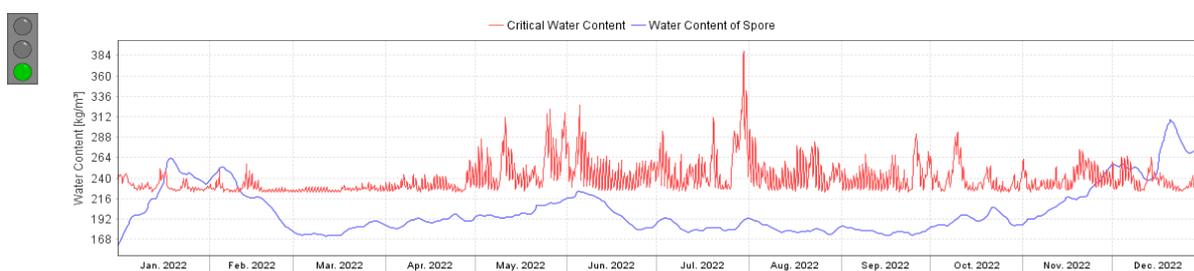
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 156: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



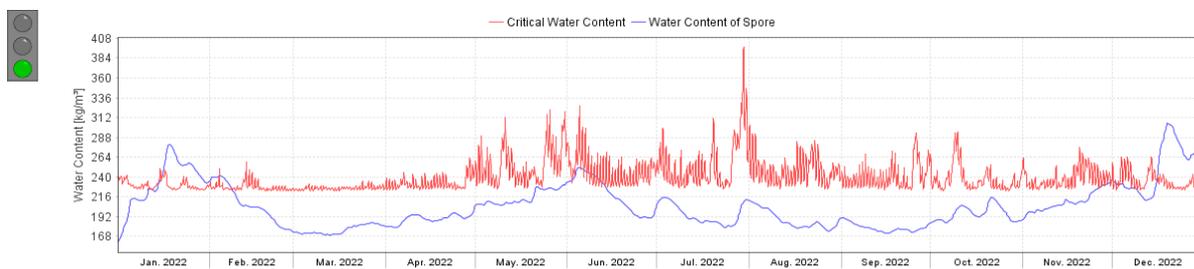
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 157: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

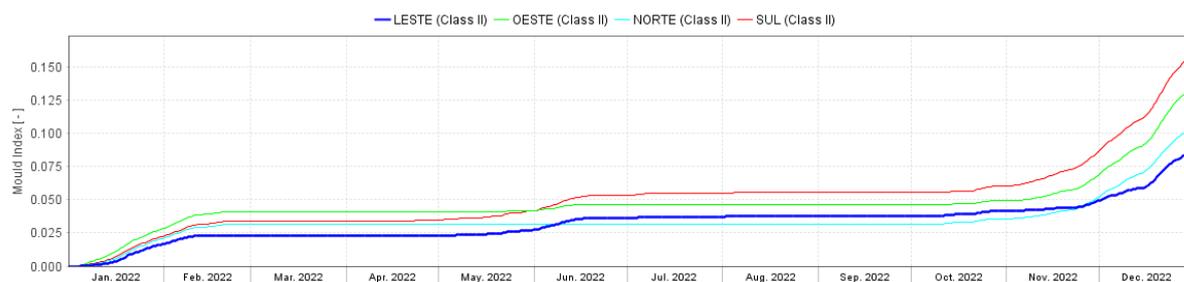
Figura 158: HabVenezianas – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

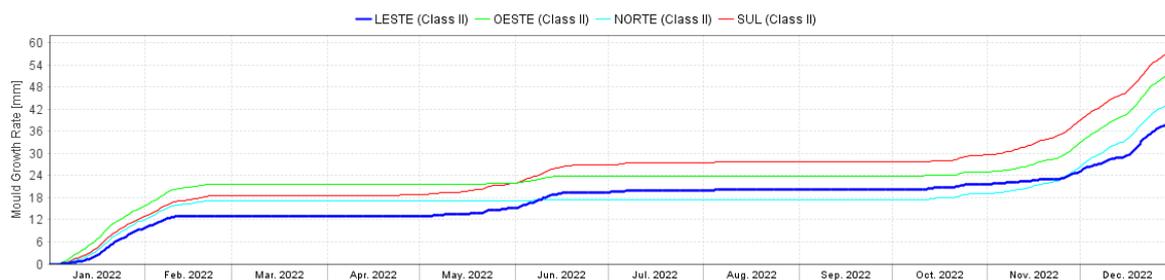
Figura 159: HabVenezianas – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede

1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 160: HabVenezianas – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 1

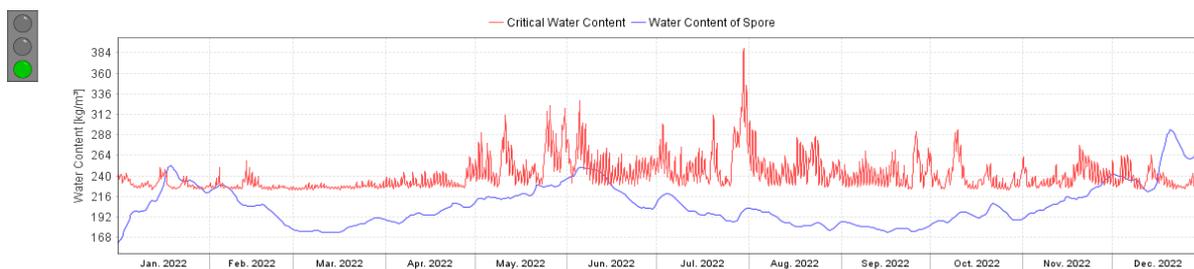


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.2.5 Zona Bioclimática 2 - Parede 2

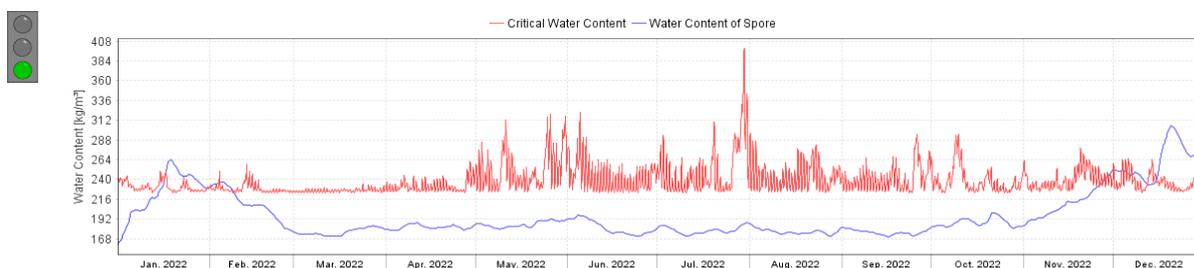
As Figuras 161, 162, 163 e 164 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 161: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



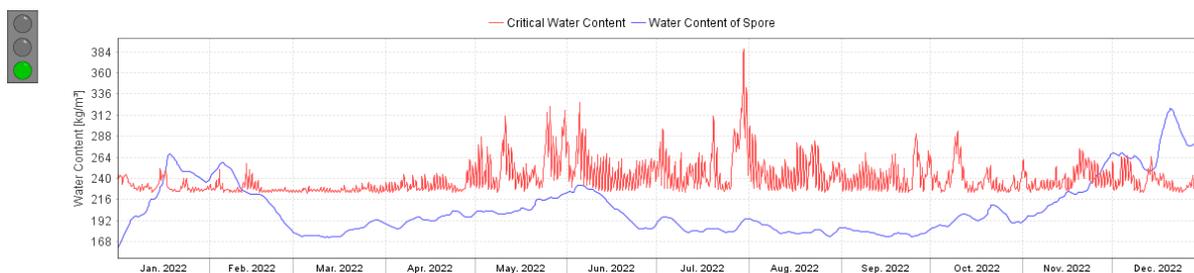
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 162: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



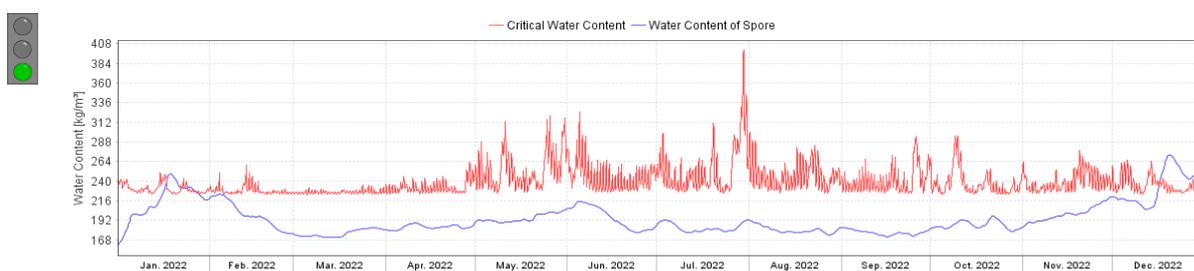
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 163: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 164: HabVenezianas – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



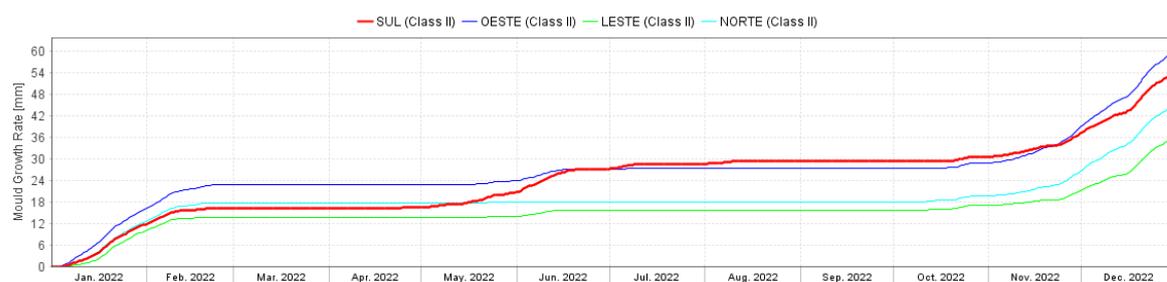
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 165: HabVenezianas – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 166: HabVenezianas – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 3

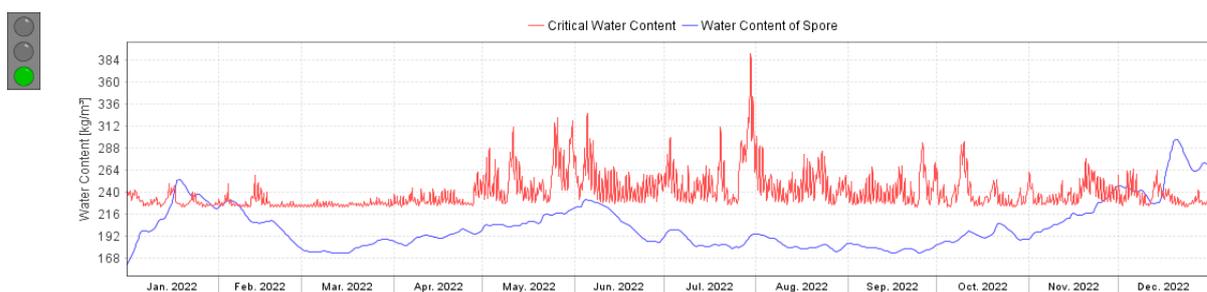


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.2.6 Zona Bioclimática 2 - Parede 3

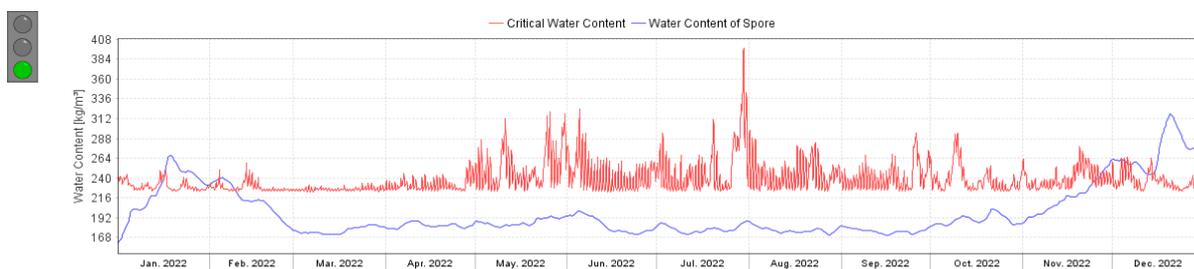
As Figuras 167, 168, 169 e 170 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo Bio para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. As Figuras 171 e 172 demonstram o resumo do índice de crescimento dos micélios para o período de um ano.

Figura 167: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



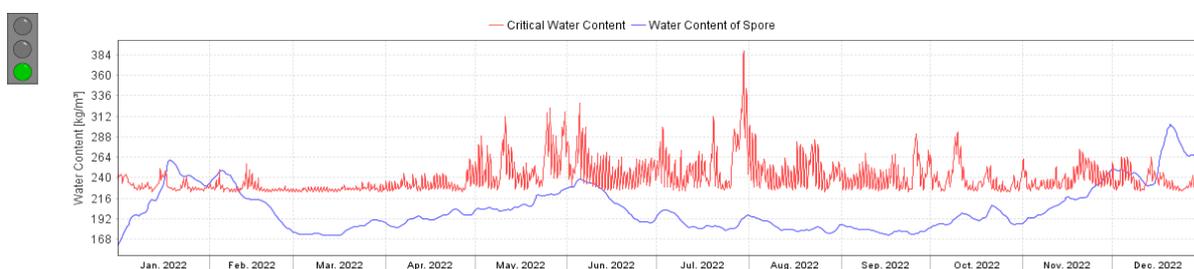
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 168: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



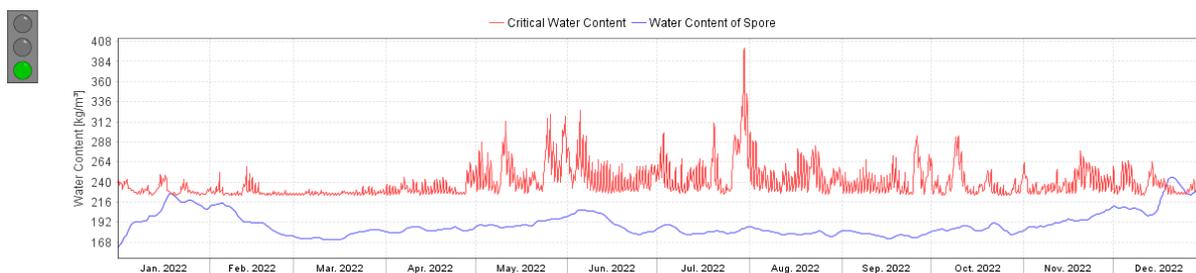
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 169: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



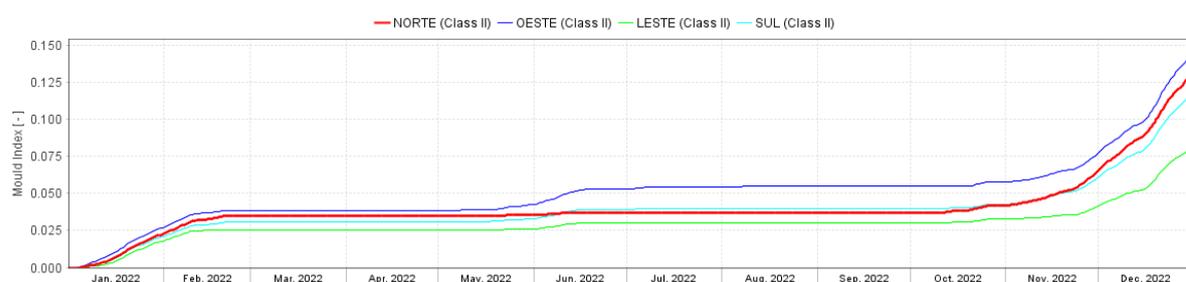
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 170: HabVenezianas – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



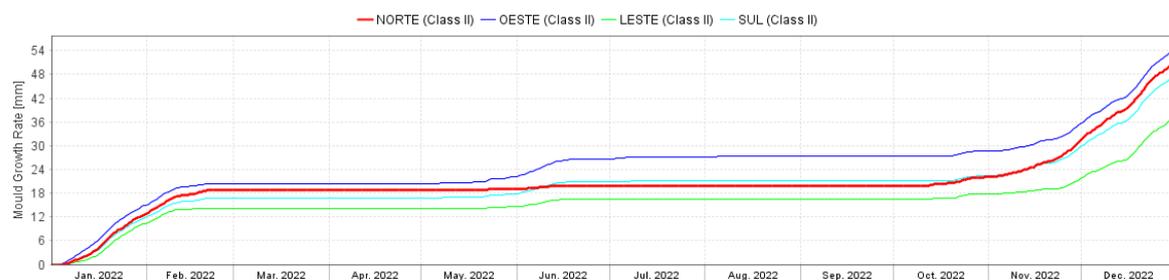
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 171: HabVenezianas – ZB2 – Resumo índice crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 172: HabVenezianas – ZB2 – Resumo crescimento de micélios parede 3



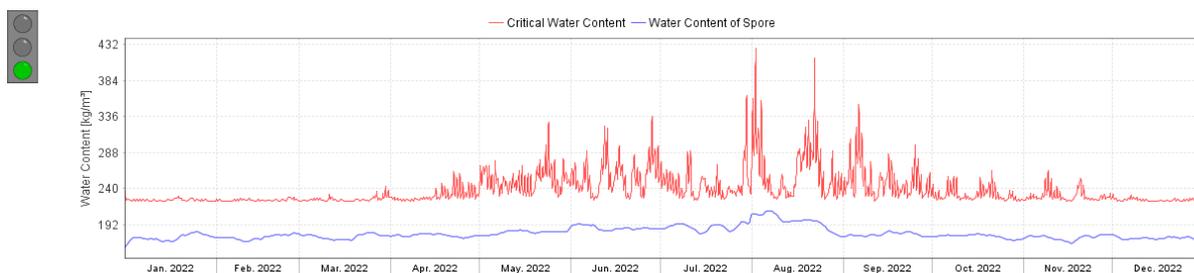
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Em todas as paredes da simulação na zona bioclimática 2 com a adição de venezianas obteve-se uma melhora de 93% do índice de crescimento dos micélios.

4.2.7 Zona Bioclimática 3 - Parede 1

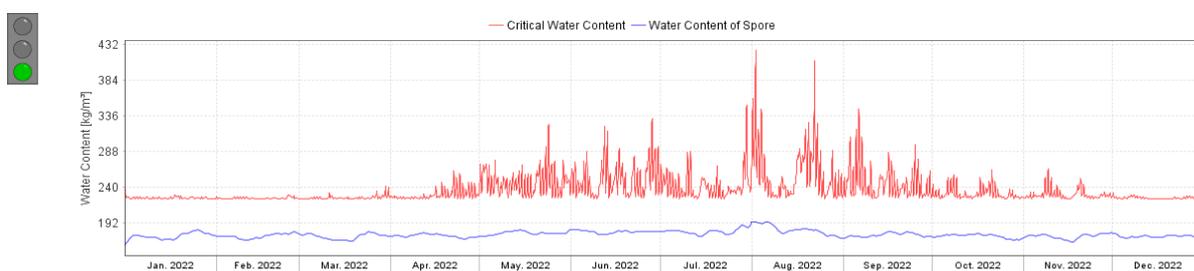
As Figuras 173, 174, 175 e 176 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 173: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



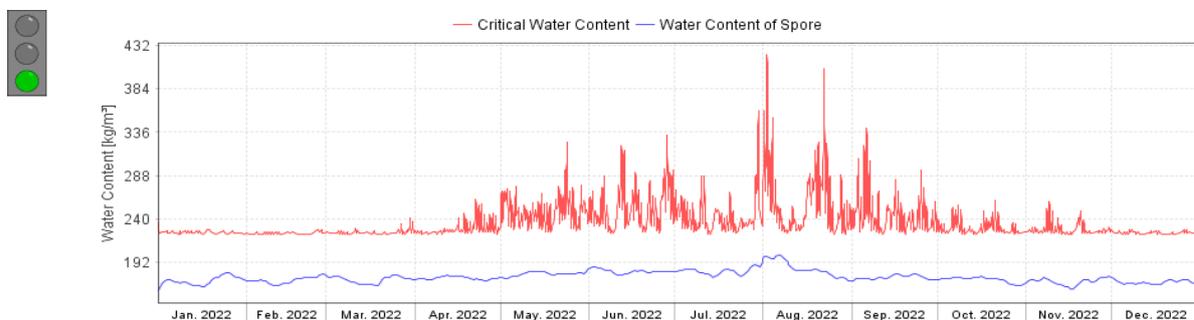
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 174: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



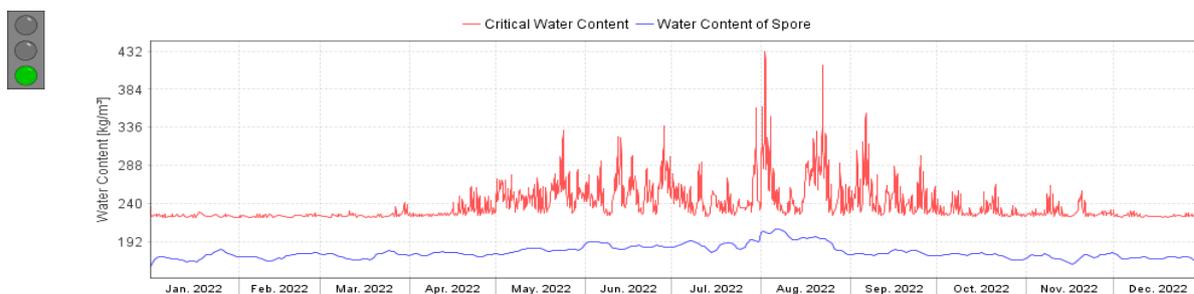
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 175: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 176: HabVenezianas – ZB3 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

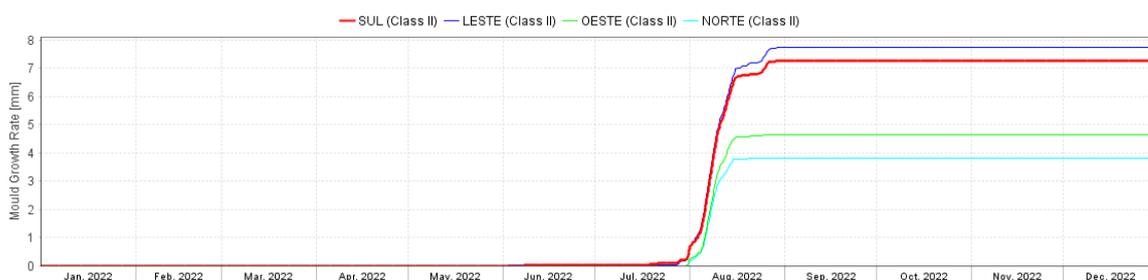
Figura 177: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede

1



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 178: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 1

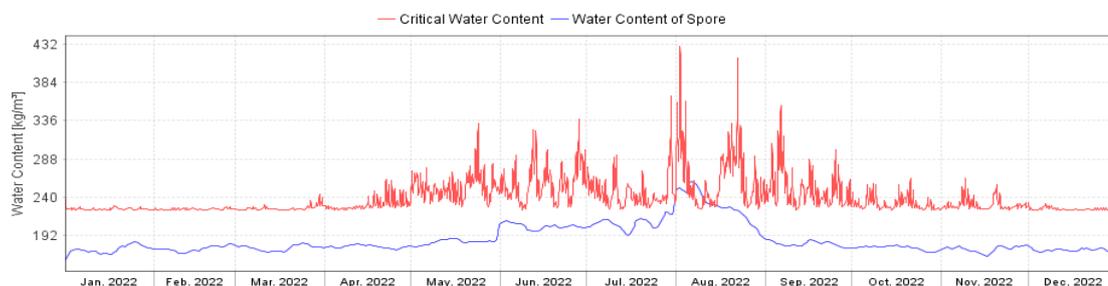


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.2.8 Zona Bioclimática 3 - Parede 2

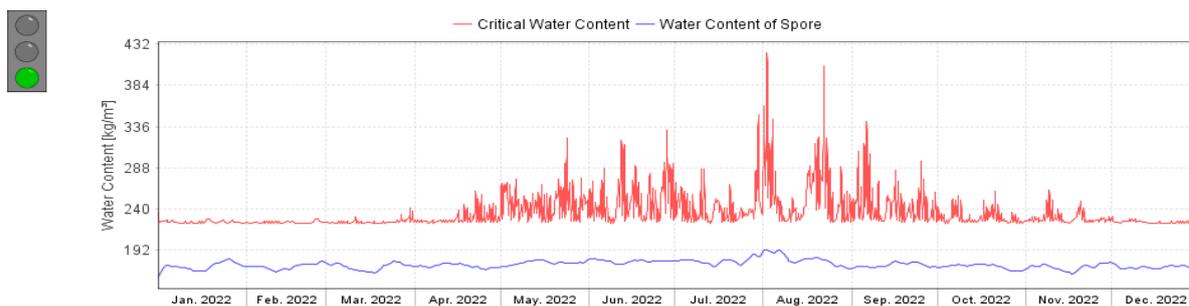
As Figuras 179, 180, 181 e 182 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. As Figuras 183 e 184 demonstram um comparativo dos índices previstos para cada orientação.

Figura 179: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



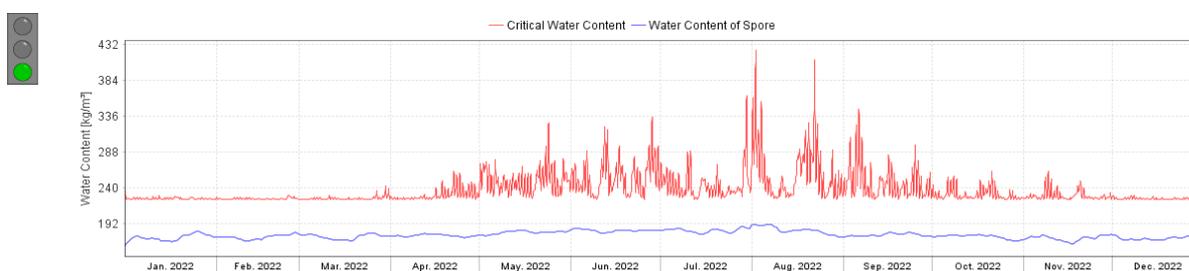
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 180: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



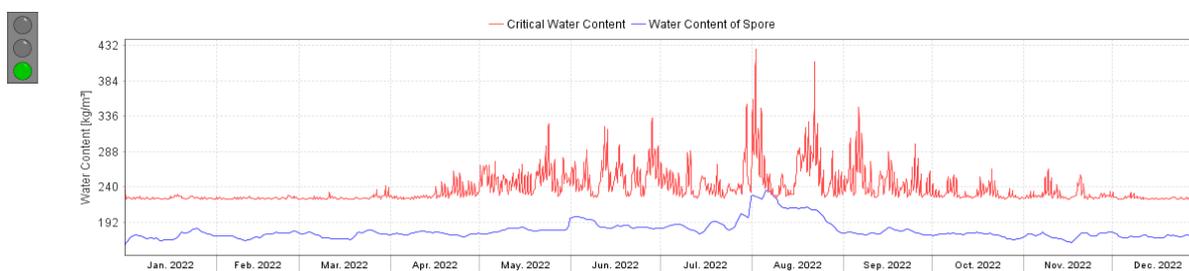
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 181: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

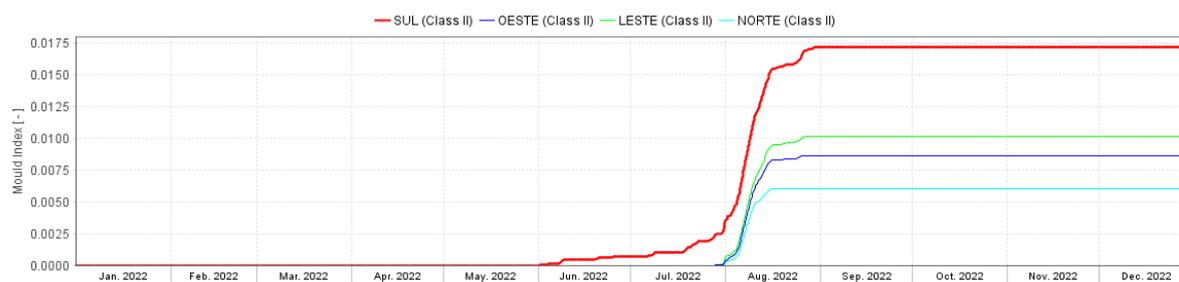
Figura 182: HabVenezianas – ZB3 – Parede 2 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

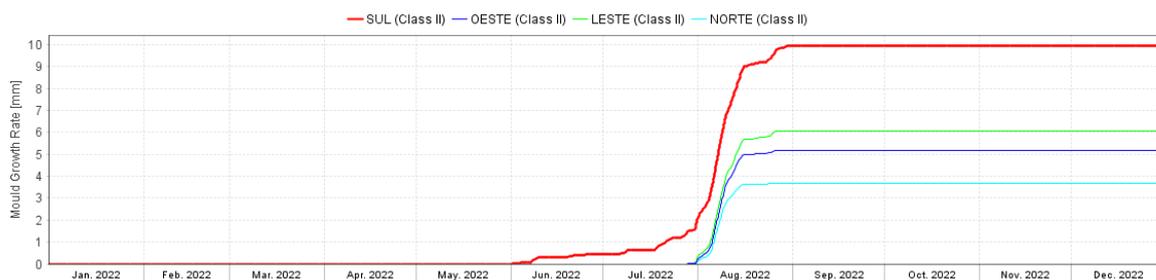
Figura 183: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede

2



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 184: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 2

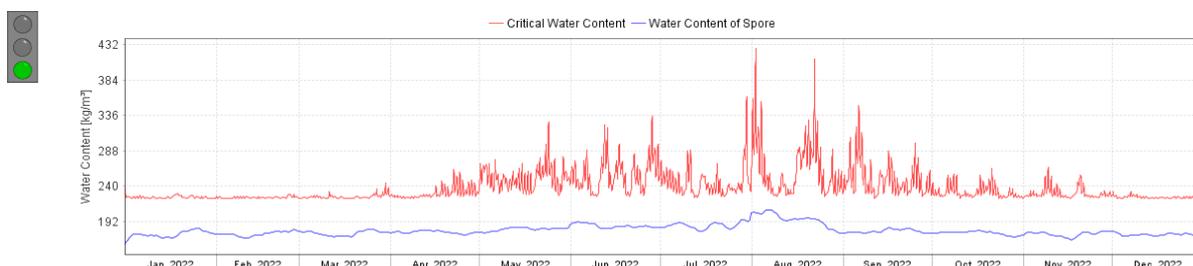


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.2.9 Zona Bioclimática 3 - Parede 3

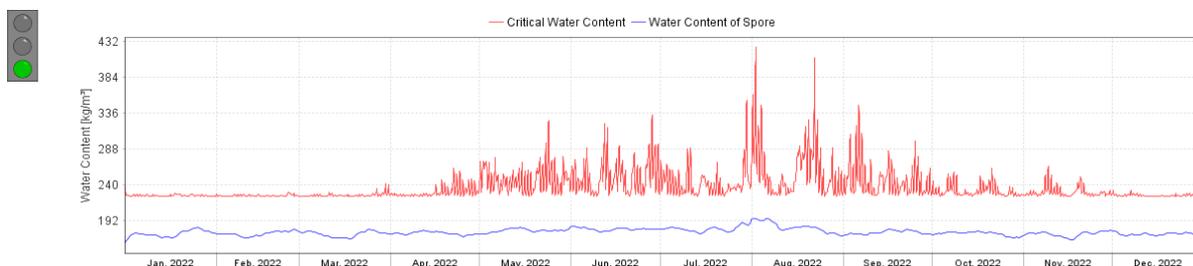
As Figuras 185, 186, 187 e 188 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo para a parede 3 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica. As Figuras 189 e 190 demonstram o comparativo do índice de crescimento de micélios para cada orientação.

Figura 185: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



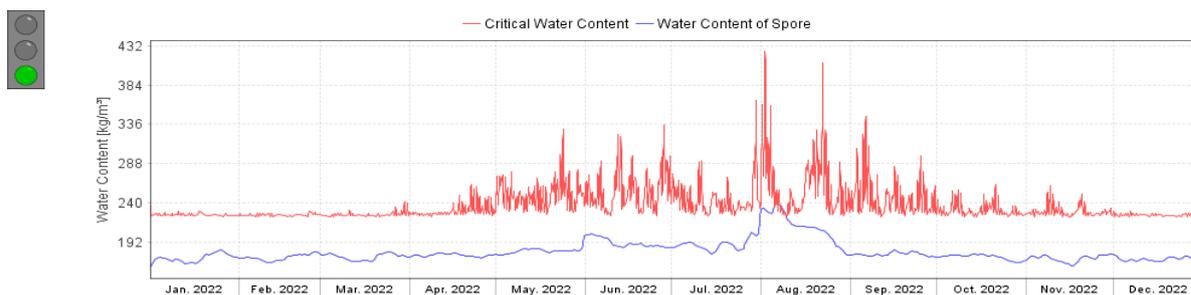
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 186: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



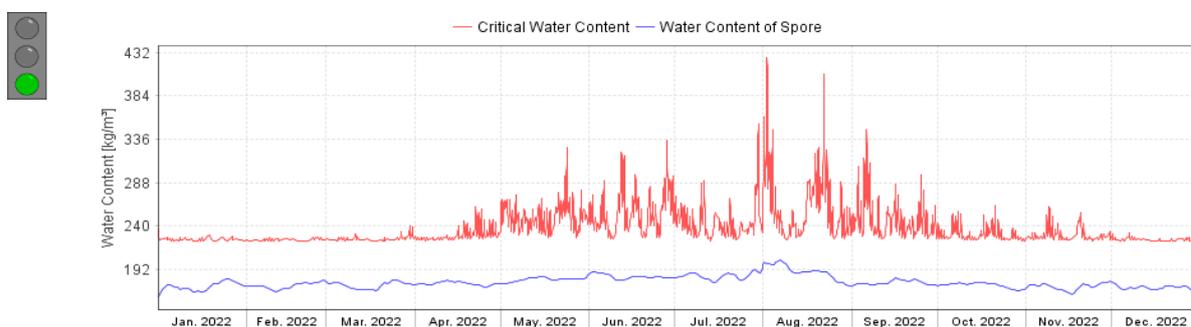
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 187: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 188: HabVenezianas – ZB3 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

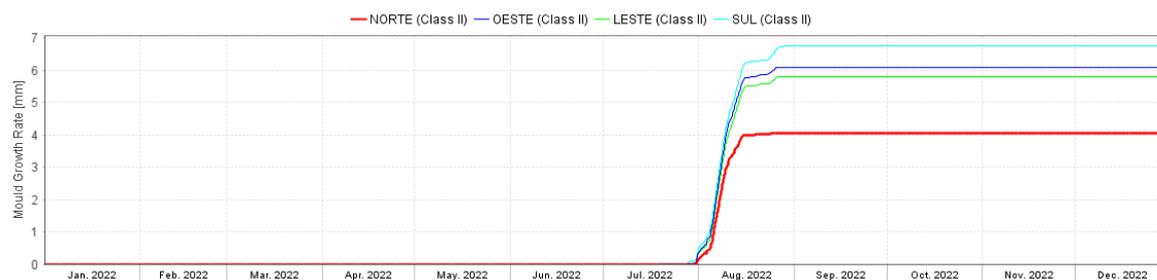
Figura 189: HabVeneziana – ZB3 – Resumo índice crescimento de micélios parede

3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 190: HabVeneziana – ZB3 – Resumo crescimento de micélios parede 3



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Com a colocação de venezianas a zona bioclimática 3 apresentou uma melhora de 57% nos índices de crescimento de micélios.

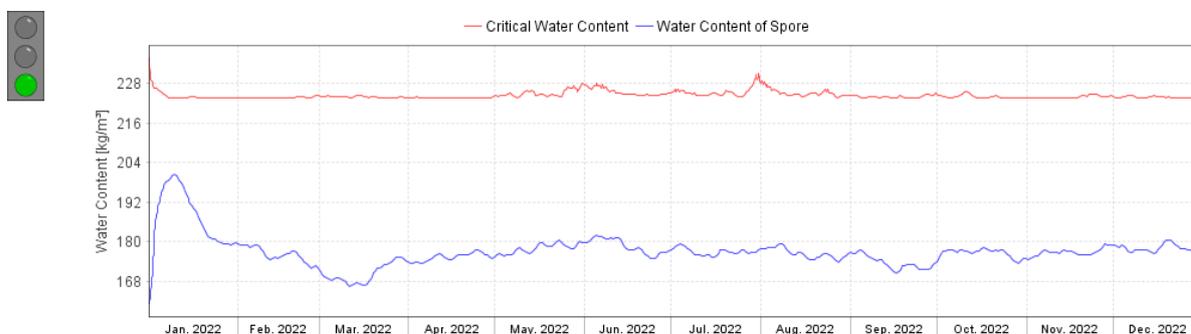
4.3 Habitação com revestimento EIFS

Foi identificado que a parede 1 na zona bioclimática 2 possui maiores índices de possibilidade de ter crescimento de mofo nas paredes. Desta forma foi proposto uma habitação com revestimento EIFS que atualmente é uma excelente opção para melhorar o conforto térmico do ambiente interno e uma opção que pode ser utilizada em paredes de concreto.

4.3.1 Parede 1

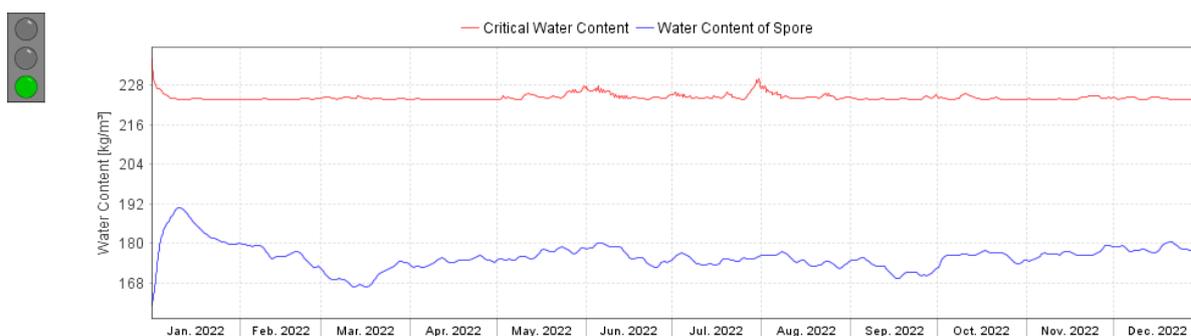
As Figuras 191, 192, 193 e 194 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 191: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



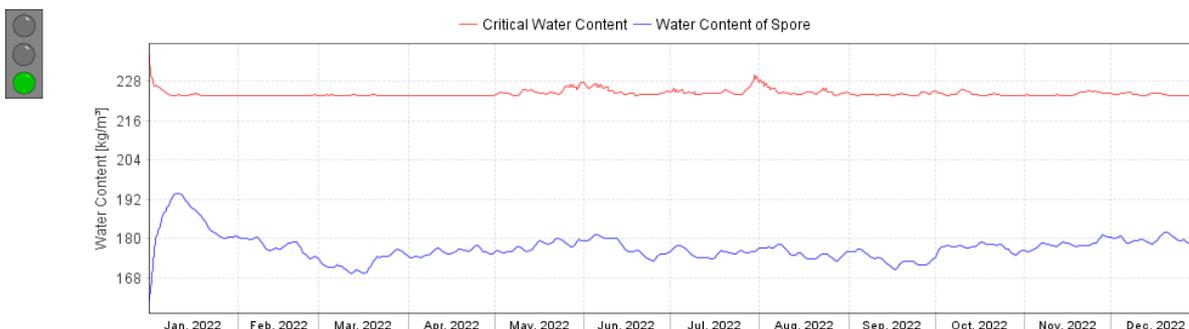
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 192: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



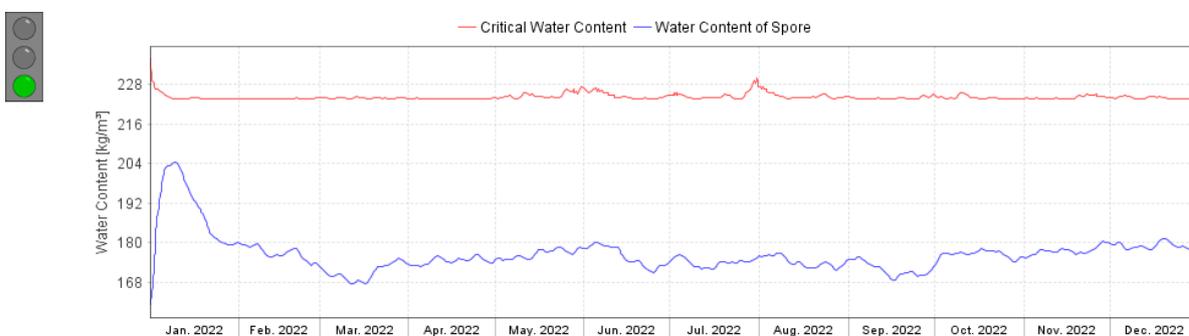
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 5: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 6: HabEIFS – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

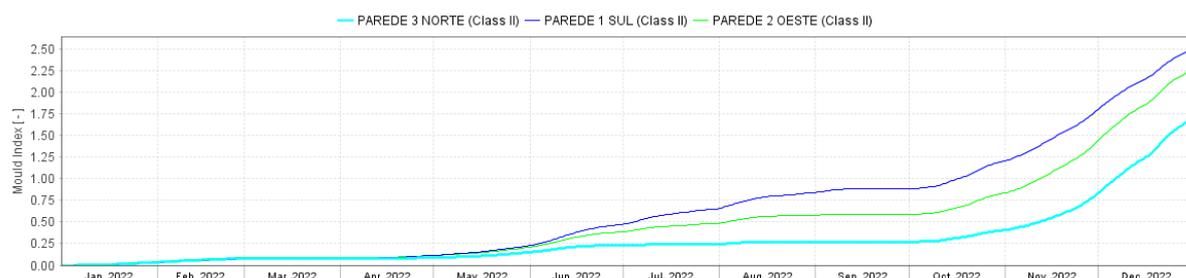
Os resultados gerados para a habitação com EIFS demonstraram uma melhora de 100% nos índices de desenvolvimento de micélios. Tornando-se uma ótima opção para a construção deste tipo de empreendimento na zona bioclimática 2.

4.4 Habitação com aberturas conforme a Norma NBR 15.575:2021

Conforme mencionado no capítulo 3, a NBR 15.575-4:2021 determina a área de aberturas em relação a área do piso para ambientes de permanência prolongada para cada zona bioclimática. Considerando esta informação foi simulado a habitação padrão com aberturas maiores, a fim de analisar se os resultados seriam diferentes nas zonas bioclimáticas que apresentaram índices favoráveis ao crescimento de micélios.

Para teste foram simulados a parede 1 orientada para sul, parede 2 oeste e parede 3 norte para a zona bioclimática 2, conforme Figura 193 não foi obtido um resultado muito significativo quando comparado com a habitação padrão.

Figura 193: Resumo índice de crescimento de micélios para HabNorma P3N, P1S,P2O



Fonte: Elaborado pela autora através do software Wufi

A Tabela 14 demonstra a comparação dos dados obtidos na habitação padrão e quando alterada a área de aberturas das janelas. Devido a isso foi alterado a taxa de ventilação desta simulação para 2 renovações/hora, a fim de verificar a influência de uma ventilação intermediária para a habitação com aberturas conforme a norma.

Tabela 14: Comparação índices habitação padrão e com aberturas conforme NBR 15575: 2015

| Comparativo índices | | |
|---------------------|--------|-------|
| Parede+Orientação | PADRÃO | NORMA |
| P1S | 2,75 | 2,5 |
| P2O | 2,5 | 2,25 |
| P3N | 1,95 | 1,75 |

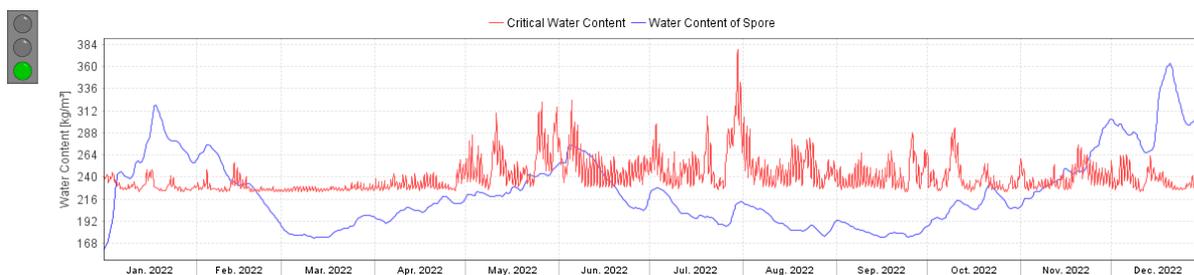
Fonte: Autora

4.4.1 Parede 1 – Zona Bioclimática 2

Buscando analisar e solucionar o alto risco de desenvolvimento dos micélios encontrados na zona bioclimática 2 foram realizadas simulações com os projetos demonstrados no capítulo 3 (Figura 7) com taxa de renovação de 2/h.

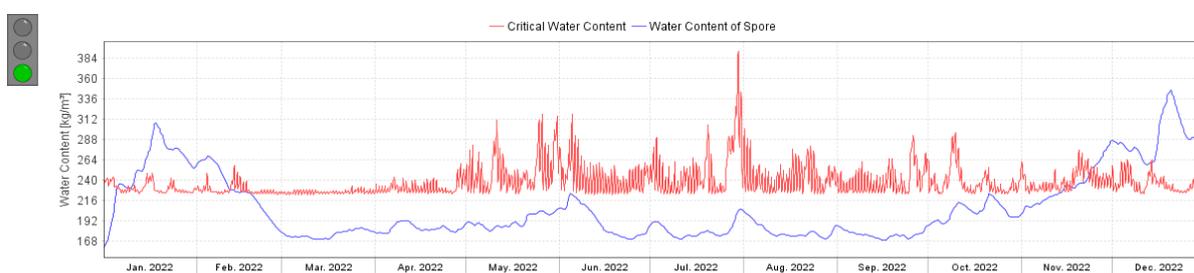
As Figuras 194, 195, 196 e 197 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo para a parede 1 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 194: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 1 com tinta e orientação Sul



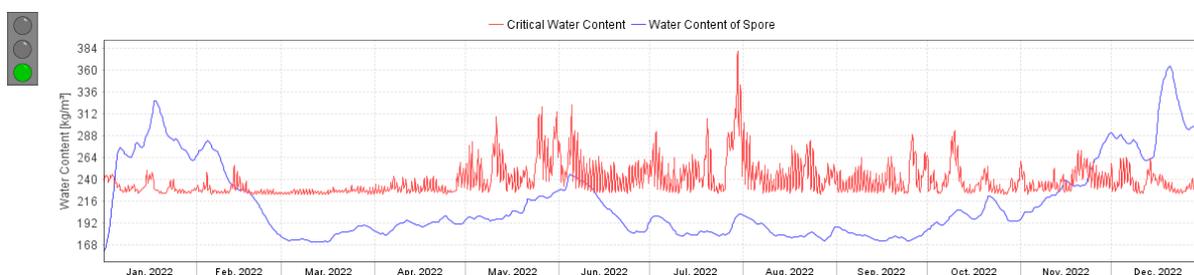
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 195: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Norte



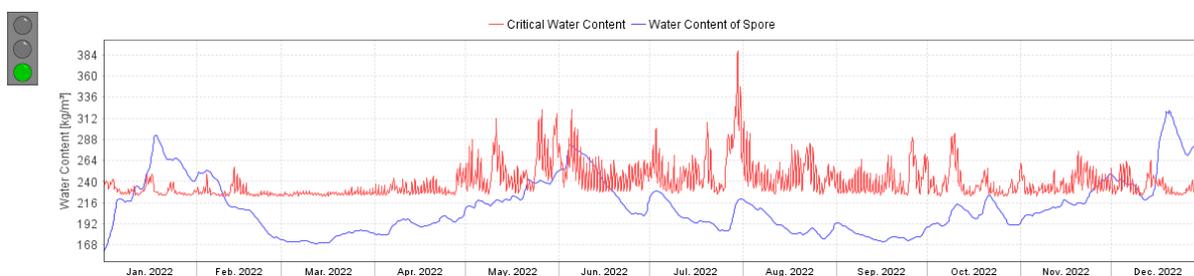
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 196: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 197: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 1 com tinta e orientação Leste

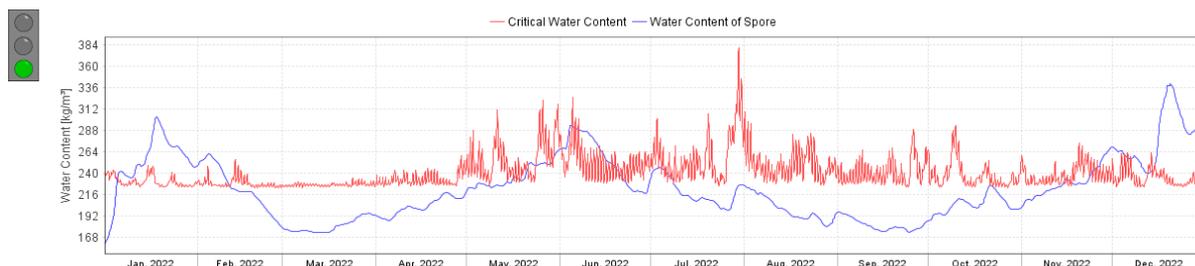


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.4.2 Parede 2 – Zona Bioclimática 2

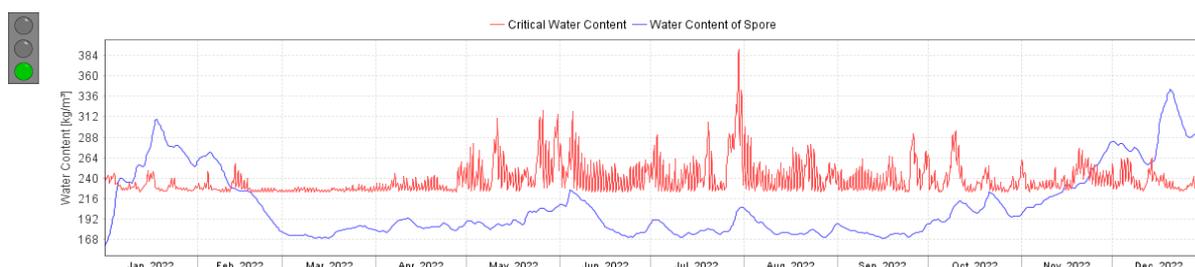
As Figuras 198, 199, 200 e 201 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítico e teor de umidade do esporo gerado através da extensão Wufi Bio para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 198: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Sul



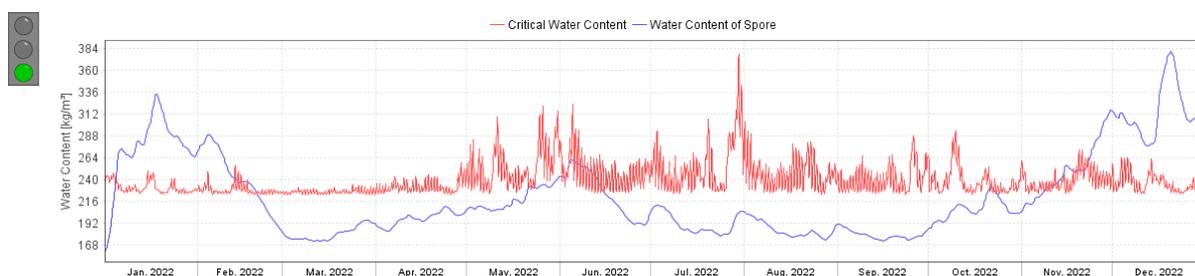
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 199: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 2 com tinta e orientação Norte



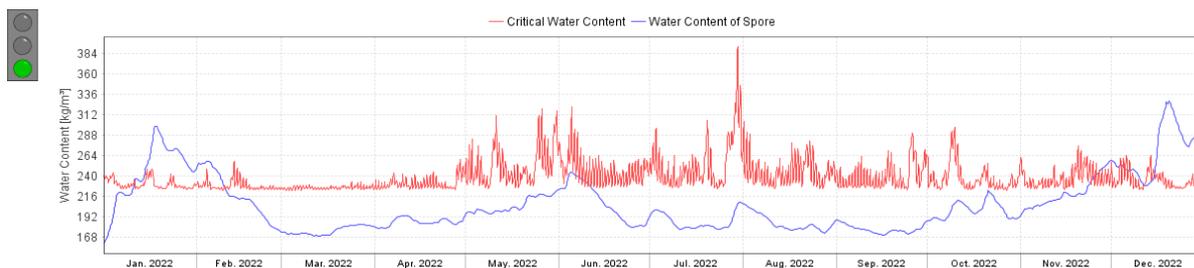
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 200: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 201: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 2 com tinta e orientação Leste

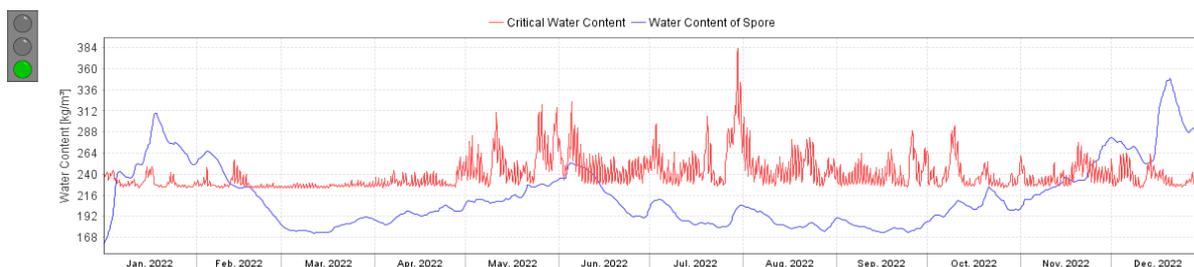


Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

4.4.3 Parede 3 – Zona Bioclimática 2

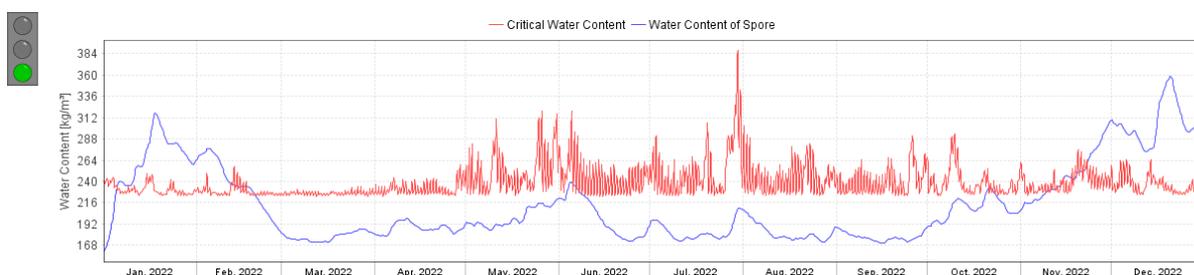
As Figuras 202, 203, 204 e 205 demonstram o gráfico comparativo do teor de umidade crítica e teor de umidade do esporo gerado para a parede 2 considerando os componentes concreto mais tinta acrílica.

Figura 202: HabAberturasNorma – ZB2 – Parede 3 com tinta e orientação Sul



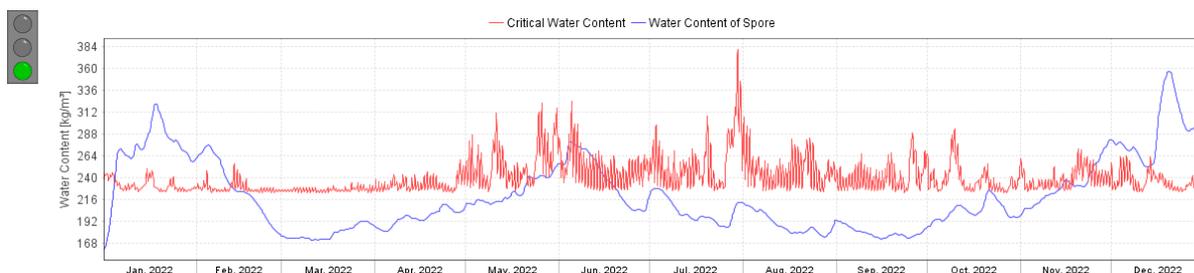
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 203: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Norte



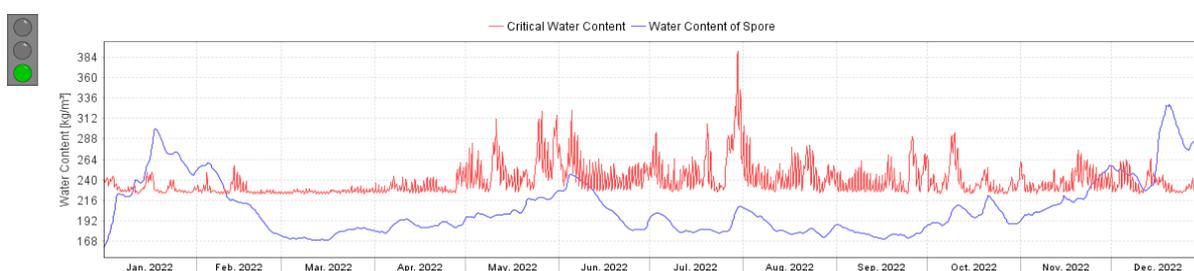
Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 204: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Oeste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Figura 205: HabAberturasNorma – ZB1 – Parede 3 com tinta e orientação Leste



Fonte: Gerado pela autora através do Software Wufi

Demonstrando a importância da ventilação no desenvolvimento de fungos, quando adicionado duas renovações por hora e vãos maiores obteve-se uma melhora de 97% de redução do crescimento de micélios.

4.5 Comparação dos resultados encontrados

A Tabela 15 demonstra os resultados dos índices encontrados para as simulações realizadas da habitação padrão nas oito zonas bioclimáticas, com a cor indicando a sinalização gerada pelo programa.

Tabela 15: Resumo resultados comparativos Habitação Padrão

| ZONAS | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------|-----|-------|------|-------|---|---|---|--------|---------|
| HAB PADRÃO | P1S | 0,175 | 2,75 | 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,007 |
| | P1N | 0,05 | 1,05 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 |
| | P1O | 0,025 | 1,75 | 0,005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,004 |
| | P1L | 0,25 | 2 | 0,055 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0005 |
| | P2S | 0,1 | 2,6 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,00075 |
| | P2N | 0,002 | 1,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00075 |
| | P2O | 0,01 | 2,5 | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00175 |
| | P2L | 0,03 | 1,1 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0005 |
| | P3S | 0,042 | 1,8 | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0015 |

| | | | | | | | | |
|------------|-------|------|-------|---|---|---|---|---------|
| P3N | 0,007 | 1,95 | 0,015 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0025 |
| P3O | 0,027 | 2,4 | 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0005 |
| P3L | 0,015 | 1,25 | 0,015 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00025 |

Fonte: Autora

Na Tabela é possível verificar que a zona bioclimática 2 apresenta os maiores índices de crescimento de fungos, em nenhuma orientação é possível obter uma sinalização verde indicando um nível aceitável.

A Tabela 16 demonstra os resultados dos índices encontrados para as simulações realizadas da habitação com revestimento EIFS para zonas bioclimáticas 1,2 e 3 que apresentaram índices de crescimento de micélios superior a 0. A cor verde indica a sinalização gerada pelo programa. Pelo gráfico é possível observar a melhora dos índices comparados com a habitação padrão.

Tabela 16:Resumo simulação EIFS para zonas bioclimáticas 1,2 e 3

| ZONAS | | 1 | 2 | 3 |
|-----------------|------------|----------|----------|----------|
| HAB EIFS | P1S | 0 | 0 | 0 |
| | P1N | 0 | 0 | 0 |
| | P1O | 0 | 0 | 0 |
| | P1L | 0 | 0 | 0 |
| | P2S | 0 | 0 | 0 |
| | P2N | 0 | 0 | 0 |
| | P2O | 0 | 0 | 0 |
| | P2L | 0 | 0 | 0 |
| | P3S | 0 | 0 | 0 |
| | P3N | 0 | 0 | 0 |
| | P3O | 0 | 0 | 0 |
| | P3L | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Autora

Na Tabela 17 estão expostos os resultados dos índices encontrados para as simulações realizadas da habitação com venezianas nas paredes para zonas bioclimáticas 1,2 e 3 que apresentaram índices de crescimento de micélios superior a 0. A cor verde indica a sinalização gerada pelo programa. Pelo gráfico é possível observar a melhora dos índices comparados com a habitação padrão, porém são índices superiores ao gerados pelo revestimento EIFS.

Tabela 17: Resumo Simulação Venezianas para zonas bioclimáticas 1,2 e 3

| ZONAS | 1 | 2 | 3 |
|--------------|----------|----------|----------|
|--------------|----------|----------|----------|

| | | | | |
|------------------|------------|--------|-------|--------|
| VENEZIANA | P1S | 0,0085 | 0,165 | 0,0125 |
| | P1N | 0,0045 | 0,105 | 0,006 |
| | P1O | 0,0035 | 0,135 | 0,0075 |
| | P1L | 0,014 | 0,085 | 0,013 |
| | P2S | 0,0135 | 0,15 | 0,0175 |
| | P2N | 0,003 | 0,105 | 0,0065 |
| | P2O | 0,0035 | 0,175 | 0,0085 |
| | P2L | 0,009 | 0,08 | 0,01 |
| | P3S | 0,008 | 0,125 | 0,011 |
| | P3N | 0,005 | 0,13 | 0,007 |
| | P3O | 0,0075 | 0,15 | 0,01 |
| | P3L | 0,007 | 0,08 | 0,009 |

Fonte: Autora

A Tabela 18 demonstra os resultados dos índices encontrados para as simulações realizadas da habitação taxa de 2 renovações por hora e vãos de janelas maiores para as zonas bioclimáticas 1, 2 e 3. A cor verde indica a sinalização gerada pelo programa. Pelo gráfico é possível observar que os resultados de índices gerados foram inferiores ao da simulação de venezianas que considerou 5 renovações por hora.

Tabela 18: Resumo Simulação Aberturas Normas para zonas bioclimáticas 1,2 e 3

| ZONAS | | 1 | 2 | 3 |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|
| HAB ZONA 1A7 | P1S | 0,0017 | 0,065 | 0,0016 |
| | P1N | 0,0002 | 0,05 | 0,0002 |
| | P1O | 0 | 0,064 | 0,0004 |
| | P1L | 0,0005 | 0,03 | 0,003 |
| | P2S | 0 | 0,035 | 0,0038 |
| | P2N | 0,00007 | 0,035 | 0,0001 |
| | P2O | 0,0001 | 0,085 | 0,0006 |
| | P2L | 0,0006 | 0,03 | 0,0008 |
| | P3S | 0 | 0,046 | 0,0011 |
| | P3N | 0,0002 | 0,065 | 0,00025 |
| | P3O | 0,0006 | 0,06 | 0,0015 |
| | P3L | 0,0004 | 0,031 | 0,00075 |

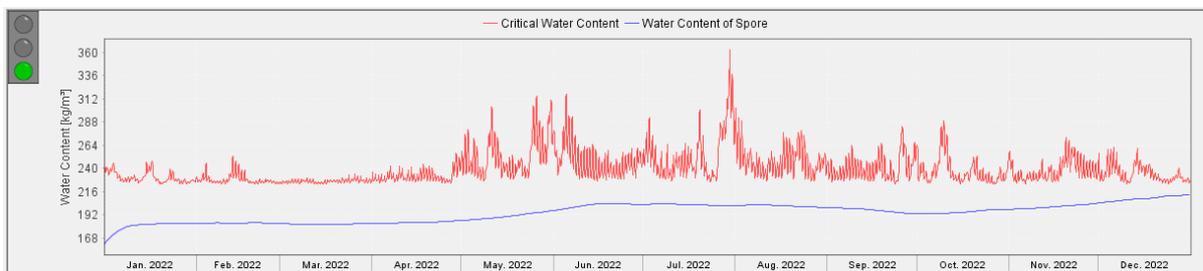
Fonte: Autora

4.5.1 Paredes com cerâmica

Apesar de não ser demonstrado nos resultados, foi considerado as paredes com cerâmica na cozinha e no banheiro em todas as simulações, porém foi

observado um resultado bem similar em todas elas, com teor de umidade do esporo variando pouco e bem inferior ao teor de umidade crítica, conforme Figura 206.

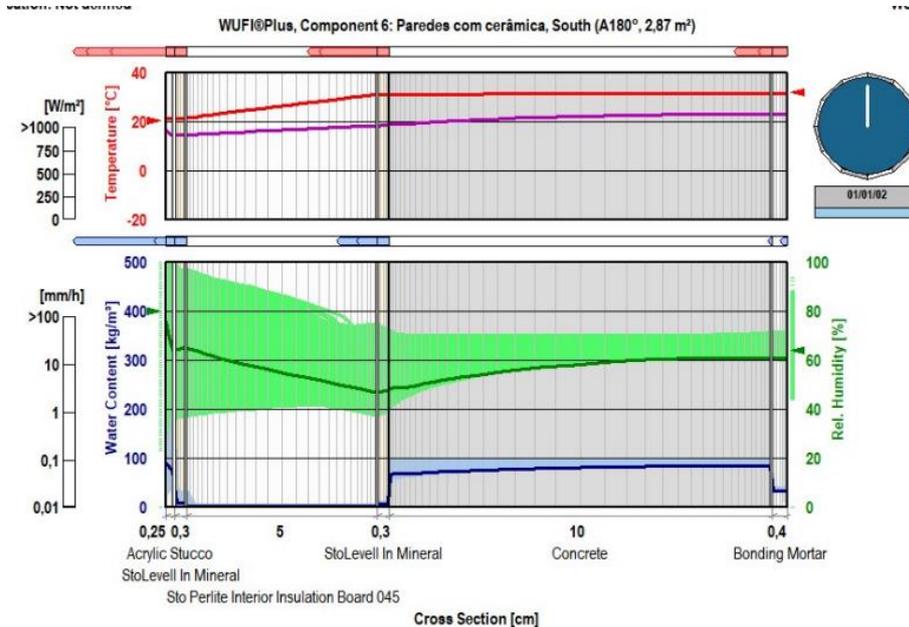
Figura 206: HabPadrão – ZB2 – Parede 1 com cerâmica e orientação Sul



Fonte: Gerado pela autora através do software Wufi

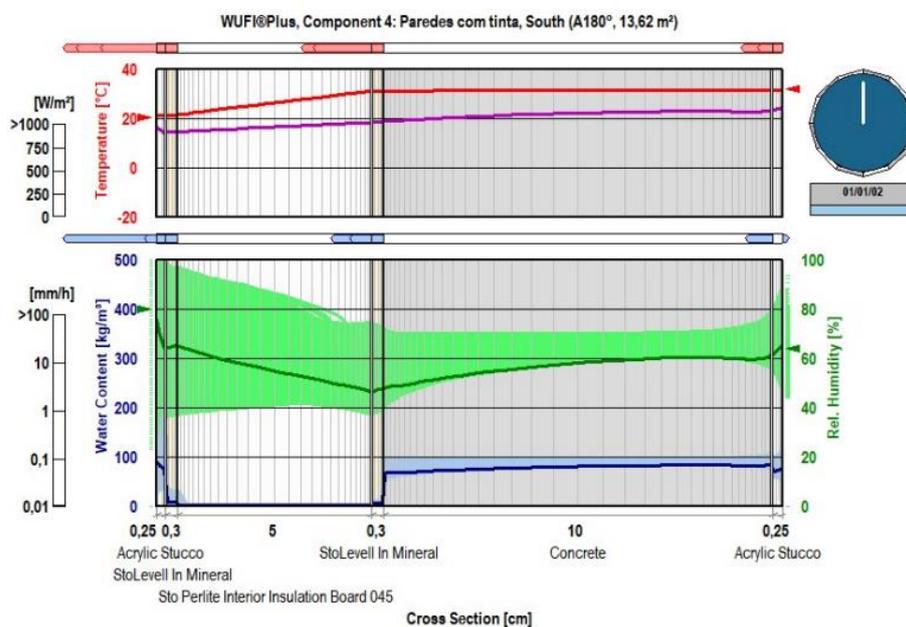
Anand et al. (2003) concluíram que a utilização de argamassa na parede suaviza os danos causados pela umidade externa. Nas Figuras 207 e 208 é possível verificar que a taxa de umidade interna da parede com cerâmica varia menos do que com textura acrílica.

Figura 207: Simulação de umidade e temperatura para habitação EIFS com cerâmica



Fonte: Gerado pela autora através do software Wufi

Figura 208: Figura 209: Simulação de umidade e temperatura para habitação EIFS com textura



Fonte: Gerado pela autora através do software Wufi

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Construções de habitações de interesse social no sistema de paredes de concreto apresentam vantagens interessantes para a atual situação do país, que se encontra em desenvolvimento e nos últimos anos tem facilitado a compra de apartamentos novos com financiamentos imobiliários.

A principal vantagem deste sistema é a agilidade da construção, que reduz os custos de construção e diminui o preço de venda dos apartamentos. Com o intuito de tornar a venda destes condomínios ainda mais acessível para o comprador têm-se optado por uma padronização de projetos, sem considerar orientação e condições climáticas das regiões que serão construídas e reduzido a qualidade dos materiais de construção diminuindo o conforto térmico e ainda facilitando o aparecimento de manifestações patológicas.

O objetivo deste trabalho foi simular uma habitação padrão a este tipo de empreendimento com parâmetros similares aos vistos atualmente em cidades características de cada uma das oito zonas bioclimáticas brasileiras conforme a classificação da NBR 15.220-4:2005 e identificar quais destas zonas apresentariam algum risco de desenvolvimento de microorganismos nas paredes internas do apartamento de estudo.

Através de pesquisa bibliográfica conclui-se que os principais fatores que influenciam no aparecimento e crescimento de fungos nas paredes de uma edificação são umidade relativa do ar, temperatura do ambiente interno e externo, material utilizado na construção, rugosidade da superfície e quantidade de nutrientes presentes no substrato. Apesar de todos estes fatores influenciarem no crescimento de microorganismos, o controle da umidade é item mais crítico e determinante, já que os outros condicionantes possuem uma larga faixa de limite.

Após análise dos resultados gerados através de simulação computacional utilizando o software Wufi para a habitação padrão foi constatado que as zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 8 teriam algum índice de crescimento de micélios no decorrer de um ano. Entretanto a simulação realizada para a zona bioclimática 2 apresentou índices maiores, indicando ser uma região desfavorável para um empreendimento com esta tipologia e materiais. Apesar das zonas 1,3 e 8 apresentarem uma taxa de crescimento de micélios não têm um risco alto considerando o período de um ano, podendo ser evitado os problemas gerados devido ao desenvolvimento de fungos se

houver por parte dos moradores a limpeza frequente das áreas afetadas, principalmente durante os meses de risco e aumentar a ventilação do ambiente com abertura de janelas ou utilizando ventilação mecânica.

Outro ponto constatado após estas análises é que quando orientadas para o sul as paredes apresentaram maiores índices de crescimento de micélios resultado da baixa incidência solar nesta orientação o que facilita o aumento da umidade e condensação superficial.

Uma proposta para resolução do problema foi a utilização do revestimento EIFS. Para isso, foi realizado a simulação da parede 1 na zona bioclimática 2, que tinha apresentado maiores índices de crescimento dos micélios. A redução destes índices foi de 100% e os gráficos da simulação não demonstraram nenhum aumento da umidade durante o período de um ano. Porém sabe-se que a utilização deste revestimento pode aumentar o custo do empreendimento e conseqüentemente o preço de vendas dos apartamentos. Desta forma, foi proposto uma segunda oportunidade de melhoria, com custos menores, a instalação de venezianas nas paredes, esta simulação resultou na redução significativa dos índices de crescimento dos micélios para a zona bioclimática 1, 2 e 3.

A outra proposta apresentada no capítulo 3 foi o aumento dos vãos de abertura, porém utilizando a taxa de ventilação de 1 renovação/hora não apresentaram diferenças significativas nos índices de crescimento. Buscando analisar a influência da ventilação para prevenção deste problema foi simulado este novo projeto com 2 renovações por hora para as zonas bioclimáticas 1,2 e 3 apresentando resultados melhores do que a habitação com venezianas. Isto demonstra que o fato de possuir uma área que permanecerá aberta em todo o período que foi calculada com 5 renovações por hora pode não ser a melhor solução, apesar de apresentar redução na taxa de crescimento dos fungos também permite a entrada de ar gelado no inverno e diminuição da temperatura do ambiente interno.

Importante ressaltar que a taxa de ocupação das habitações e as atividades realizadas no ambiente interno reflete diretamente na umidade e condensação superficial, já que o metabolismo de seres vivos e atividades executadas diariamente geram taxas de vapor d'água que podem influenciar no desenvolvimento de fungos. Devido a uma limitação do programa este trabalho considerou uma média de tarefas executadas por 4 habitantes e eletrodomésticos que geram vapor e aplicado no

ambiente interno da edificação total, sem considerar a separação dos ambientes. Então pode haver resultados diferentes quando simulado esta habitação para as zonas bioclimáticas considerando uma taxa de umidade compatível com a finalidade do ambiente.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, T. M. .; BRITO, A. C. de .; AKUTSU, . M. . **Análise comparativa do potencial de ocorrência de bolores em diferentes sistemas construtivos**. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2019. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–6.
- AFONSO, Thiago Martin. **Desempenho higrotérmico de edificações e procedimentos para previsão de ocorrência de bolores em ambientes internos: estudo de caso em habitações construídas com paredes de concreto**. 2018. 177 f. Dissertação - Curso de Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2018.
- ALLSOPP, D.; SEAL, K.; GAYLARDE, C. Introduction to Biodeterioration. 2TH. New York: Cambridge University Press, 2010.
- AMARAL, Manuel António Pinto da Silva. **Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação**. 2008. 317 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008
- ANAND, K. B.; VASUDEVAN, V.; RAMAMURTHY, K. **Water permeability assessment of alternative masonry systems**. Building and Environment, v. 38, n. 7, p. 947–957, 1 jul. 2003.
- ANTUNES, Giselle Reis. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 15.220**. Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

BARREIRA, E., FREITAS, V.P. **Condensações superficiais nos ETICS, 3.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios** - PATORREB, Porto, 2009.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; SALVADORI, O. **La Biología en la Restauración. Traducción de Rosalía Gómez**. Sevilla: Nerea, 2000.

DIAS, J.L.; SILVA, A.; CHAI, C.; GASPAR, P.L.; BRITO, J. Neural networks applied to service life prediction of exterior painted surfaces. **Building Research and Information** 42(3): 371-380, 2014.

DUARTE, Carlos. **Monografias APFAC sobre Argamassas de Construção: Tema 3 - Argamassas de Reboco e Monomassas (EN 998-1)**. Lisboa, Portugal: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2008. 61 p.

DORNELLES, K.A.; RORIZ, M. **Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações**. ABRAFATI 2007 – Congresso Internacional de tintas, 2007.

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. **ETAG 004: Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering**. Brussels: EOTA, 2013. 143 p.

FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

FREITAS, Vasco Manuel Araújo Peixoto de; GONÇALVES, Pedro Filipe. **Isolamento térmico de fachadas pelo exterior - Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido — EIFS**. Porto: FEUP - Unidade de Formação Contínua, 2015. 66 slides, color.

GUERRA, F. L.; CUNHA, E. G. da; SILVA, A. C. S. B. da; Knop, S. **Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 7-23, jout./dez. 2012

GRALA, E.; VAUPEL, K.; ROLF-MICHAEL, L. **Verification of the Formation of Mold and Mildew on Inner Surfaces of Outer Walls Located in the**. NUTAU. Anais...São Paulo: USP, 2008.

LABRES, H. S. **Análise da Biodeterioração de sistemas de fachadas e a eficácia de tintas na inibição do desenvolvimento fúngico.** São Leopoldo, 2019. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), São Leopoldo, 2019.

NASCIMENTO, M. L. M. (2016). **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-018A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.

OLIVEIRA, L.A.; TEIXEIRA, E.S.L. **Comportamento mecânico de revestimento externo com isolante térmico – EIFS.** Revista IPT | Tecnologia e Inovação v.4, n.13, abr., 2020

PERDIGÃO, Mário Nuno Lopes Vitorino. **Análise de Ciclo de Vida de duas soluções de EIFS.** 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa - PT, 2013.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **IMPACTO DA COLONIZAÇÃO DO FUNGO Cladosporium sphaerospermum SOBRE A ARGAMASSA DO CONCRETO.** 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

PRIMO, André Duarte de Oliveira. **Estudo da durabilidade de materiais e sistemas construtivos: Sistema EIFS.** 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2008.

RAMOS, N. M. M. **A importância da Inércia higroscópica no comportamento higrotérmico dos edifícios.** [s.l.] Feup Lisboa, 2007.

SAND, W.; BOCK, E. **Biodeterioration of mineral materials by microorganisms – biogenic sulfuric and nitric acid corrosion of concrete and natural stone.** Geomicrobiology Journal, UK, v.9, p. 129-138, 1991a.

SEDLBAUER, K. **Prediction of Mould Fungus Formation on the Surface of and Inside Building Components.** Holzkirchen: Fraunhofer Institute for Building Physics, 2001.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF**. Tese (Doutorado) Universidade de Brasília, 2014.

SILVA, Luís Prata. **Patologias de sistemas de isolamento térmicos pelo exterior tipo ETICS**. Porto: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2015. 12 slides, color.

SILVEIRA, Vinicius de Castro. **Avaliação do potencial de formação do mofo em edificações residenciais em Florianópolis**. 2019. 178 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos em paredes de concreto armado moldadas no local**. Nº 001. Revisão 03. Brasília, 2017

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretrizes para avaliação técnica de produtos diretriz SINAT nº 005 – revisão 02**: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”). Brasília: SINAT, 2017.

SOUSA, Luís Filipe Tavares Teixeira de. **Durabilidade da construção. Estimativa da vida útil - ETICS**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

VALTONEN, V. **Clinical diagnosis of the dampness and mold hypersensitivity syndrome: Review of the literature and suggested diagnostic criteria**. *Frontiers in Immunology*, v. 8, n. AUG, p. 1–6, 2017.

VASCONCELOS, B. E. **Avaliação do desempenho higrotérmico de paredes em regime dinâmico em função do clima**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

UDAWATTHA, C. et al. **Mold growth and moss growth on tropical walls**. *Building and Environment*, v. 137, p. 268–279, 1 jun. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould.** Copenhagen: Who Regional Office For Europe, 2009. 228 p.

YANG, X.; LI, Y.; YANG, L. **Predicting and understanding temporal 3D exterior surface temperature distribution in an ideal courtyard.** Building and Environment, v. 57, p. 38–48, 1 nov. 2012.