



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciência e Tecnologia
Faculdade de Engenharia

Raama Costa Alves

**DwpGen: Uma Plataforma para Geração de Dados de Projeto para
Climatização**

Rio de Janeiro
2019

Raama Costa Alves

**DwpGen: Uma Plataforma para Geração de Dados de Projeto
para Climatização**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Antonio da Fonseca Costa Filho

Rio de Janeiro
2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A474 Alves, Raama Costa.
DwpGen: uma plataforma para geração de dados de projeto
para climatização / Raama Costa Alves. – 2019.
77f.

Orientador: Manoel Antonio da Fonseca Costa Filho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia mecânica - Teses. 2. Refrigeração - Teses. 3.
Controle meteorológico - Teses. 4. Energia elétrica - Consumo -
Teses. I. Costa Filho, Manoel Antonio da Fonseca. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de
Engenharia. III. Título.

CDU 697.13

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou
parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Raama Costa Alves

**DwpGen: Uma Plataforma para Geração de Dados de Projeto
para Climatização**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte.

Aprovado em 03 de setembro de 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Manoel Antonio da Fonseca Costa Filho
(Orientador) Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Luiz Cláudio Gomes Pimentel
Instituto de Geociências - UFRJ

Prof. Dra. Mila Rosendal Avelino
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Nísio de Carvalho Lobo Brum
Programa de Engenharia Mecânica - COPPE - UFRJ

Prof. Dr. José da Rocha Miranda Pontes
Faculdade de Engenharia - UERJ

Rio de Janeiro
2019

AGRADECIMENTOS

A Deus que tornou todas as coisas possíveis em minha vida.

À minha mãe Alexandrina e aos meus irmãos Raabe e Reaías pelo amor incondicional em todos os momentos.

Ao Professor Manoel Antonio pelo apoio, incentivo, ensinamentos e compreensão.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao National Centers for Environmental Information (NCEI) pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

RESUMO

ALVES, Raama Costa. *DwpGen: Uma Plataforma para Geração de Dados de Projeto para Climatização. Brasil*. 2019. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

A utilização de dados climáticos de projeto mais exatos permite que menores fatores de segurança sejam adotados no dimensionamento de instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC) proporcionando a redução dos custos operacionais e eficiência energética. Sendo a última uma das prioridades do setor de construção civil. Esta dissertação tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema *web*, o DwpGen, capaz de analisar dados meteorológicos e gerar dados climáticos de projeto seguindo as recomendações da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*. Dados de projeto para vinte estações meteorológicas, de cidades não listadas na Norma Brasileira de projeto de ar-condicionado (NBR-16401-1), foram obtidos e os dias típicos de projeto foram comparados com os recomendados pela NBR-16401-1. Para as estações localizadas nos Aeroportos Santos Dumont e Galeão, ambas na cidade do Rio de Janeiro, os parâmetros de projeto foram calculados e confrontados com os fornecidos pela ASHRAE (2017) e pela NBR-16401-1. Os resultados obtidos neste trabalho concluíram a Norma mostrou-se mais rigorosa em todos projetos de resfriamento e umidificação avaliados e, portanto, entende-se que a NBR-16401-1 deveria expandir a lista de cidades e atualizar os dados climáticos de projeto das cidades relacionadas existentes com o objetivo de evitar o sub ou superdimensionamento das instalações de AVAC.

Palavras-chave: Dados climáticos; Dados de Projeto; AVAC

ABSTRACT

ALVES, Raama Costa. *DwpGen: A Platform for Design Data Generation for Climatization Systems. Brasil*. 2019. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

More accurate weather data enables to reduce safety factors in heating, ventilating and air conditioning (HVAC) designs, resulting in better HVAC dimensioning and consequently reducing operational costs and saving energy, being that, one of the main priorities in the building sector. This dissertation aims to develop a web system named DwpGen for weather data processing to HVAC design, following the criteria established by the American Society of Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). Design data for twenty meteorological station, from cities non-listed in the Brazilian air conditioning standard (NBR-16401-1), were obtained and the typical design days were compared with NBR 16401-1 recommendations. For the stations located in Santos Dumont and Galeão airports, both in Rio de Janeiro City, the design parameters were calculated and compared to the ones provided by ASHRAE (2017) and NBR-16401-1 recommended data. The obtained results in this work have concluded that Brazilian Standard is strict for all cooling and humidification projects evaluated and, hence, we believe that NBR-16401-1 should enlarge the lists cities and update design climatic data for all existing related cities in order to avoid under or oversizing of HVAC installations.

Keywords: Climatic Data; Design Data; HVAC

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Consumo Global de Energia Primária - Adaptado (RITCHIE; ROSER, 2019)	12
Figura 2 -Total de energia elétrica produzida pelos países da OCDE e não membros da OCDE - Adaptado (IEA, 2019)	13
Figura 3 -Formato das tabelas de dados e legenda - Fonte: NBR 16401-1 (ABNT, 2008)	20
Figura 4 -Zoneamento bioclimático brasileiro - Fonte: NBR 15220-3 (NBR15220-3, 2003)	22
Figura 5 -Distribuição de frequência da TBS do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.	27
Figura 6 -Distribuição de Frequência Acumulada de TBS do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.	28
Figura 7 -A distribuição de frequência acumulada conjunta entre T_{BS} e T_{POc} do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.	29
Figura 8 -Diagrama de Casos de Uso - Sistema DwpGen	32
Figura 9 -Diagrama de Atividades - UCS01 - Manter País - Fluxo Principal Cadastrar País	33
Figura 10 Diagrama de Atividades - UCS02 - Manter Estado - Fluxo Principal Cadastrar Estado	33
Figura 11 Diagrama de Atividades - UCS03 - Manter Estado - Fluxo Principal Cadastrar Cidade	33
Figura 12 Diagrama de Atividades - UCS04 - Manter Estação Meteorológica - Fluxo Principal Cadastrar Estação Meteorológica	34
Figura 13 Diagrama de Atividades - UCS05 - Importar Medidas - Fluxo Principal	34
Figura 14 Diagrama de Atividades - UCS06 - Analisar Dados - Fluxo Principal	35
Figura 15 Relação entre Model-View-Controller	37
Figura 16 Diagrama do padrão de projeto DAO	37
Figura 17 Diagrama de Entidade-Relacionamento do DwpGen	38
Figura 18 Modelo lógico de dados do DwpGen	39
Figura 19 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Albuquerque	42
Figura 20 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Tampa	42
Figura 21 Dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade - Tampa.	43
Figura 22 Dados de projeto para dimensionamento de aquecimento e umidificação - Tampa.	43
Figura 23 Dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade - Albuquerque.	44
Figura 24 Dados de projeto para dimensionamento de aquecimento e umidificação - Albuquerque.	44

Figura 25 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Canela e Curitiba . . .	50
Figura 26 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Teresópolis e Belo Horizonte	51
Figura 27 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Itiruçu e Goiânia . . .	52
Figura 28 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Montes Claros e Campo Grande	53
Figura 29 Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Ilhéus e Natal	53
Figura 30 TBS de projeto para frequência de 1% das Estações da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	59
Figura 31 TBUC de projeto para frequência de 1% das Estações da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Fração da variação Média Diária da Temperatura. (ASHRAE, 2013a) . . .	25
Tabela 2 -Fração da variação Média Diária da Temperatura. (ABNT, 2008)	25
Tabela 3 -Dados climáticos de projeto de Albuquerque gerados pelo DwpGen	40
Tabela 4 -Dados climáticos de projeto de Tampa gerados pelo DwpGen	41
Tabela 5 -Dados climáticos de projeto de Albuquerque fornecidos pela ASHRAE . .	41
Tabela 6 -Dados climáticos de projeto de Tampa fornecidos pela ASHRAE	41
Tabela 7 -Diferença entre a umidade absoluta (w) calculada pelo DwpGen e pela ASHRAE.	45
Tabela 8 -Correlação entre as cidades de projeto e as listadas na Norma (BERNAR- DES, 2019)	46
Tabela 9 -Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Canela/RS	46
Tabela 10 Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Curitiba/PR	47
Tabela 11 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Teresópolis/RJ . .	47
Tabela 12 Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Belo Hori- zonte/MG	47
Tabela 13 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Itiruçu/BA	48
Tabela 14 Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Goiânia/GO	48
Tabela 15 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Montes Claros/MG	48
Tabela 16 Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Campo Grande/MS	49
Tabela 17 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Ilhéus/BA	49
Tabela 18 Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Natal/RN	49
Tabela 19 Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Canela x Curitiba	54
Tabela 20 Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Teresópolis x Belo Horizonte	54
Tabela 21 Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Itiruçu x Goiânia	54
Tabela 22 Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Montes Claros x Campo Grande . .	55
Tabela 23 Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Ilhéus x Natal	55
Tabela 24 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Base Aérea dos Afonso/ RJ	56
Tabela 25 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto de Santa Cruz/RJ	56
Tabela 26 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto Santos Dumont/RJ	56

Tabela 27 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto Galeão/RJ	57
Tabela 28 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para o Forte de Copacabana/RJ	57
Tabela 29 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Marambaia/RJ	57
Tabela 30 Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Ecologia Agrícola/RJ	58
Tabela 31 Diferença entre a TBS das estações localizadas na região metropolitana e nas estações do Aeroporto Santos Dumont e Galeão.	59
Tabela 32 Diferença entre a TBUC das estações localizadas na região metropolitana e as estações dos Aeroportos Galeão e Santos Dumont.	60
Tabela 33 Carga Térmica calculada para as estações da região metropolitana (MONTEIRO, 2017)	61
Tabela 34 Dados climáticos de projeto NBR 16401-1 para Santos Dumont/RJ (ABNT, 2008).	61
Tabela 35 Dados climáticos de projeto ASHRAE (2017) para Santos Dumont/RJ (ASHRAE, 2017).	62
Tabela 36 Dados climáticos de projeto NBR 16401-1 para Galeão/RJ (ABNT, 2008).	62
Tabela 37 Dados climáticos de projeto ASHRAE (2017) para Galeão/RJ (ASHRAE, 2017).	62
Tabela 38 Diferença entre os parâmetros de projeto da ASHRAE (2017), NBR 16401-1 e DwpGen - Santos Dumont.	63
Tabela 39 Diferença entre os parâmetros de projeto da ASHRAE (2017), NBR 16401-1 e DwpGen - Galeão.	63
Tabela 40 Comparação entre as condições de vento ASHRAE e DwpGen - Santos Dumont	64
Tabela 41 Comparação entre as condições de vento ASHRAE e DwpGen - Galeão	64
Tabela 42 Amplitude Térmica Diária ΔT_{md} fornecidos pela ASHRAE, NBR16401-1 e DwpGen.	64

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 REVISÃO DA LITERATURA	16
1.1 Geração de Dados Climáticos de Projeto	16
1.2 Modelagem do Sistema	18
2 METODOLOGIA	20
2.1 Obtenção dos Dados Climáticos de Projeto Segundo a NBR 16401-1	20
2.2 Cálculo dos Dados Climáticos de Projeto Conforme a ASHRAE (2013)	22
2.2.1 Preenchimento do Conjunto de Dados Meteorológicos	23
2.2.2 Cálculo das Condições de Projeto	26
3 ANÁLISE E PROJETO DO SISTEMA	31
3.1 Requisitos do DwpGen	31
3.1.1 Diagrama de Casos de Uso	31
3.2 Padrão Arquitetural	36
3.2.1 O Padrão Arquitetural Model-View-Controller (MVC)	36
3.3 Modelagem de Dados	38
3.3.1 Modelo Conceitual	38
3.3.2 Modelo Lógico	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Validação	40
4.2 Dados Climáticos de Projeto para Cidades Não-Listadas na NBR-16401-1	45
4.3 Dados Climáticos de Projeto para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro	55
4.3.1 Dados de Projeto Resfriamento e Desumidificação	58
4.3.2 Comparação entre os Dados de Projeto da NBR 16401-1, ASHRAE (2017) e DwpGen para Galeão e Santos Dumont	61
5 CONCLUSÃO	66

REFERÊNCIAS	69
ANEXO A – PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO AR ÚMIDO.	73
ANEXO B – DADOS CLIMÁTICOS DE PROJETO.OBTIDOS.PELO DWPGEN	75

INTRODUÇÃO

Nas sociedades modernas o consumo de energia é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico e qualidade de vida. Este indicador reflete tanto ritmo das atividades do setor secundário e terciário quanto a capacidade da população de adquirir bens e serviços que exigem o consumo de energia elétrica (ANEEL, 2018).

De acordo com Agência Internacional de Energia, a AIE, estima-se que a economia global cresce a uma taxa de 3,4% ao ano enquanto o crescimento populacional saltará de 7,4 bilhões de pessoas para 9 bilhões em 2040 aliado ao acelerado processo de urbanização gerando assim um aumento na demanda global de energia (EIA, 2017).

A partir da década de 50, o consumo global de energia primária disparou alcançando o patamar histórico de mais de 150.000 TWh no ano de 2017, conforme mostra a figura 1.

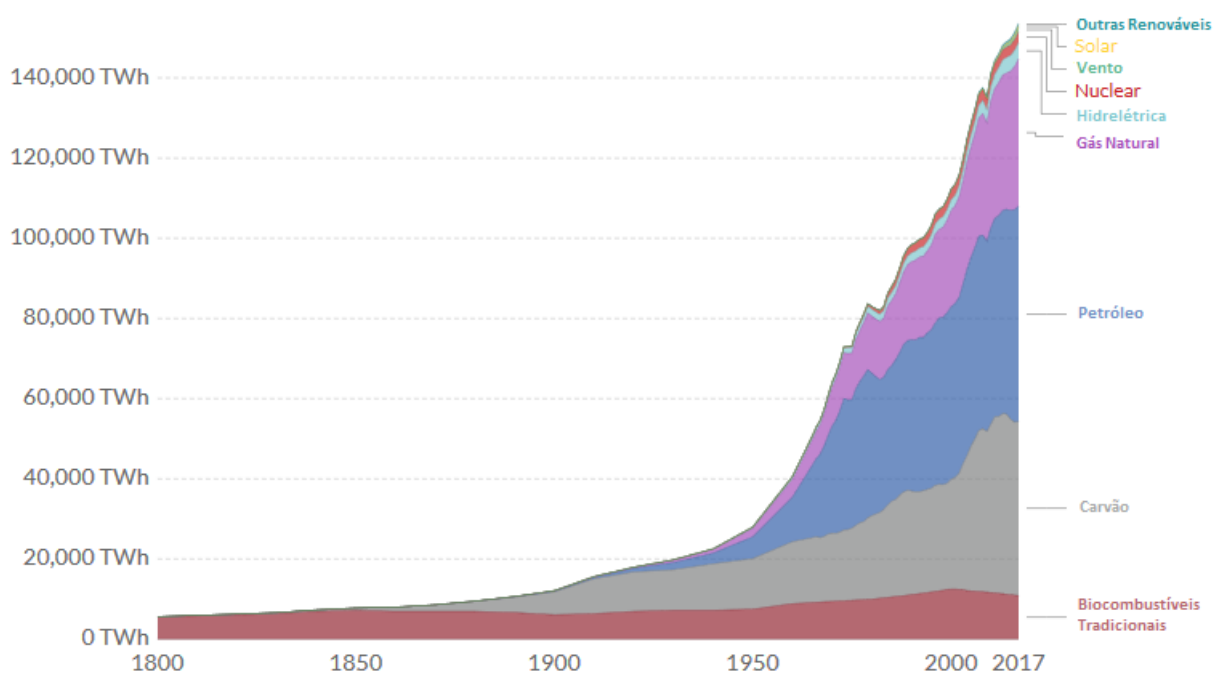


Figura 1 – Consumo Global de Energia Primária - Adaptado (RITCHIE; RO-SER, 2019)

Em 2015 uma nova agenda de desenvolvimento sustentável adotada por 193 países incluiu diversas metas audaciosas, dentre elas, uma que visa garantir acesso a energia de maneira confiável, moderna e sustentável para todos até 2030 (IEA, 2017). Estima-se ainda que o consumo mundial de energia crescerá aproximadamente 28% até 2040 principalmente entre os países membros da Organização para a Cooperação

e Desenvolvimento Econômico, a OCDE, e entre países com acelerado crescimento econômico como China e Índia (IEA, 2018).

Em 2016 a produção global de energia elétrica foi 2,9% maior que em 2015. A figura 2 mostra que desde 1974 a produção global cresce de maneira contínua, com exceção dos anos de 2008 e 2009, onde uma grave crise econômica atingiu os países membros da OCDE, causando um visível declínio na produção de energia dos membros. No mesmo ano, a produção de eletricidade dos estados não são membros da OCDE, como Brasil, China e Índia, correspondeu à 56,2% da geração mundial. A produção anual cresceu, em média, 1,1% entre 2000 e 2010 nos países da OCDE, comparado com 6,4% nos países não membros da organização (IEA, 2015).

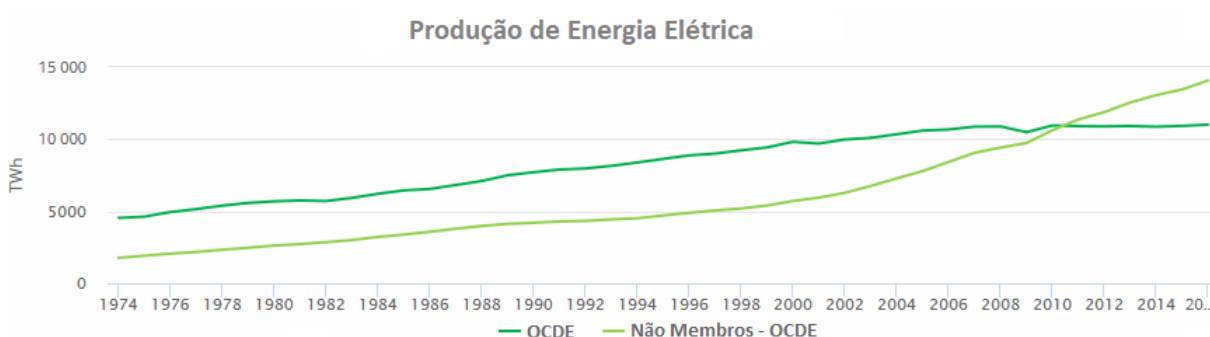


Figura 2 – Total de energia elétrica produzida pelos países da OCDE e não membros da OCDE - Adaptado (IEA, 2019)

Segundo Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o ano de 2018 registrou um aumento de 2,3% na demanda mundial de energia, sendo este o maior crescimento anual na última década (EPE, 2019). Nesse mesmo ano, as emissões globais de CO_2 aumentaram 1,7%, alcançando um máximo histórico de 33,1 Gt e a população mundial sem acesso à eletricidade caiu, pela primeira vez, para menos de 1 bilhão (EPE, 2019).

Neste contexto, o Brasil se destaca como maior economia da América Latina, oitavo maior consumidor mundial e décimo terceiro maior produtor de energia (OECD, 2015). O consumo total de energia primária quase dobrou na última década devido ao crescimento econômico registrado, todavia a capacidade instalada cresceu apenas 28% (IEA, 2015).

Após o racionamento de energia elétrica experimentado em 2001, a eficiência energética das edificações brasileiras pôde ser melhorada e as políticas de consumo consciente ganharam destaque devido sua importância econômica, social e ambiental (DELBIN et al., 2005).

Segundo a projeção do consumo e carga de energia elétrica publicada pela

EPE, que contempla o horizonte de 2017 a 2026, no curto prazo o consumo residencial não deverá contribuir da mesma forma para o crescimento econômico, dado o fraco desempenho do mercado de trabalho e de crédito. Além disso há um elevado grau de ociosidade o que dificulta a retomada de investimentos. Estima-se que a partir do segundo quinquênio haja um crescimento econômico mais forte e a retomada do consumo de eletricidade (EPE, 2017).

Já o setor industrial, ao longo dos últimos anos, perdeu competitividade no País devido a questões tributárias, logísticas e ao ciclo econômico de recessão. Estima-se que até 2032 a participação dessa atividade chegue a 32,6% do consumo de energia elétrica (EPE, 2018).

Atualmente, 42% da demanda de energia elétrica do País é consumida por edificações comerciais, residenciais e prédios públicos onde os maiores percentuais de consumo são atribuídos aos sistemas de iluminação e climatização. Neste cenário, estima-se que entre 40% e 60% do consumo em uma edificação está relacionado aos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC). Sendo assim, os sistemas AVAC possuem importante papel para a redução do consumo, melhora da qualidade ambiental interna e diminuição das emissões de CO₂ (DANFOS, 2017).

No cenário nacional, o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, o PROCEL EDIFICA, destaca-se por desenvolver atividades com vistas à divulgação e ao estímulo à aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações.

Dada a relevância dos sistemas AVAC, no que diz respeito à demanda energética nas edificações, a busca pela redução dos custos operacionais, do consumo eficiente de energia, bem como evitar o superdimensionamento das instalações, faz-se necessária a utilização de dados climáticos mais precisos na etapa de projeto.

A norma brasileira de projeto de ar condicionado, a NBR-16401-1, fornece dados climáticos de projeto para 34 cidades. Esses dados foram obtidos a partir dos critérios estabelecidos pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, a ASHRAE. Além disso, a NBR-16401-1 recomenda a utilização dos dados da cidade cujo clima seja mais parecido, caso a cidade de projeto não esteja listada na norma (ABNT, 2008).

Diante da vasta extensão territorial, diversidade climática e elevado número de municípios, surge a necessidade de obter dados climáticos de projeto específicos para cada cidade a fim de otimizar os projetos de climatização.

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um sistema *WEB* capaz de processar informações meteorológicas e gerar dados climáticos de projeto seguindo os critérios estabelecidos pela ASHRAE. A linguagem de programação *PHP* e o sistema

gerenciador de banco de dados *PostgreSql* serão utilizados para o desenvolvimento do *software*.

1 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma amostra de artigos e publicações relacionadas a geração de dados climáticos de projeto para dimensionamento de sistemas AVAC e modelagem de *software* baseada no sistema gerenciador de banco de dados, SGBD, *PostgreSql*.

1.1 Geração de Dados Climáticos de Projeto

A ASHRAE disponibiliza em seu manual no capítulo 14, denominado “Dados Climáticos de Projeto”, os critérios utilizados para o tratamento das informações meteorológicas e a geração dados climáticos de projeto. Desde a sua primeira publicação, a ASHRAE vem ampliando o conjunto de dados disponíveis permitindo a utilização de dados de projeto mais precisos (ASHRAE, 2013a).

(SZOKOLAY, 1982) compilou dados climáticos para 50 localidades na Austrália. Neste artigo discutiu-se a utilização desses dados em várias etapas de projeto, desde a indicação qualitativa até o uso em simulações de resposta térmica horária.

(LAM et al., 1995) apresentaram novos dados de projeto para Hong Kong a partir da análise de distribuições estatísticas que somavam mais de 30 anos. Analisaram também os novos dados de projeto com os disponíveis e constataram que as temperaturas de verão disponíveis eram bastante conservadoras, enquanto as temperaturas de inverno disponíveis não eram tão rigorosas.

(GOULART et al., 1998) obtiveram dados climáticos de projeto e análises térmicas de edificações para 14 cidades brasileiras com base nas metodologias de tratamento das informações meteorológicas. No país, este foi um trabalho pioneiro nesta área de estudo.

(ZHANG et al., 2000) desenvolveram um *software* para revisar os dados climáticos de projetos disponibilizados pelo manual da ASHRAE de 1997. Foram determinadas as condições de projeto para 509 cidades dos Estados Unidos, 134 do Canadá, 339 do continente europeu, 293 para a Ásia e 169 para outras localidades do planeta. Neste estudo, 33 anos de dados meteorológicos foram usados para Estados Unidos e Canadá. Para os demais locais 12 anos foram utilizados. Concluiu-se que as novas condições de projeto (temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido) são um pouco menos extremas do que os valores publicados anteriormente. Para projetos de desumidificação os valores da temperatura de ponto de orvalho são significativamente mais extremos que as encontradas anteriormente.

(BULUT et al., 2002) determinaram dados de projeto para 78 cidades turcas utilizando a metodologia de processamento definido pela ASHRAE. Utilizando 13 anos

de dados meteorológicos, foram obtidas as temperaturas de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido coincidente (TBUc) e demais dados de projeto para os níveis de frequência de 0,4%, 1% e 2%. Os resultados do estudo revelaram que as temperaturas de projeto recomendados pela legislação turca vigente são mais rigorosas.

(LAURENTIUS et al., 2013) apresentaram uma revisão dos arquivos de dados climáticos de projeto utilizados no Programa Nacional de Classificação Energética (NatHERS). Os autores disponibilizaram dados de projeto para 80 localidades australianas a partir da análise dos registros meteorológicos que raramente são excedidos. Os dados de projeto gerados foram temperatura, umidade e radiação solar coincidente com eventos extremos. Esses parâmetros são utilizados no cálculo de carga térmica em condições de pico. Este trabalho disponibilizou condições de projeto atualizadas aos projetistas de AVAC.

(VERBAI et al., 2015) determinaram novos valores de projeto para aquecimento, usando dados de temperatura de bulbo seco dos últimos 50 anos na Hungria. Esses novos valores reduziram os custos de investimento em aproximadamente 10% para grandes edifícios.

(MONTEIRO, 2017) investigou, na cidade do Rio de Janeiro, a influência do microclima urbano no dimensionamento de sistemas AVAC através da utilização de dados da estação meteorológica mais próxima. Os resultados mostraram que os dados recomendados pela NBR-16401-1 podem resultar num aumento de 20% no dimensionamento da instalação.

(ALVES et al., 2018) apresentaram os primeiros resultados obtidos pelo *software* DwpGen, objeto de estudo desta dissertação. Esse sistema mostrou-se capaz de analisar dados meteorológicos e gerar de dados de projeto para sistemas de AVAC seguindo as recomendações da ASHRAE. Neste trabalho destacou-se a importância de se obter dados climáticos de projetos mais precisos a fim de evitar o superdimensionamento das instalações.

(BERNARDES, 2019) analisou, para 10 cidades não listadas na NBR 16401-1, o impacto das diferenças entre as condições de projeto recomendadas pela referida Norma e as calculados por meio do DwpGen no cálculo da carga térmica. Na maioria dos casos, verificou-se que utilizar os dados fornecidos pela Norma é uma boa aproximação desde que sejam adotados baixos fatores de segurança e outros parâmetros de projeto mais confiáveis. Concluiu-se que é importante que a Norma amplie a quantidade de cidades listadas.

1.2 Modelagem do Sistema

O desenvolvimento de um *software* envolve diversas fases desde o levantamento e análise dos requisitos até a implantação. Nesse contexto, importantes etapas como a modelagem do banco de dados, escolha da linguagem de programação e do sistema gerenciador de banco de dados, o SGBD, são fundamentais para garantir o sucesso da aplicação.

(CHEN, 1976) propôs um modelo de dados chamado entidade-relacionamento capaz de descrever aspectos importantes sobre o mundo real. Apresentou uma técnica diagramática especial como ferramenta de projeto de banco de dados. Também foram discutidas integridade de dados, recuperação e manipulação da informação.

(KIM et al., 1994) apresentaram um estudo do modelo objeto-relacional no contexto de banco de dados relacionais e orientados a objeto. O modelo objeto-relacional é descrito, com ênfase no *PostgreSQL*. Naquele trabalho, o *PostgreSQL* foi utilizado para criar uma ferramenta administrativa com o registro de diversos estudantes com funções estendidas de cálculo. O trabalho demonstrou que aplicações robustas podem ser desenvolvidas utilizando este SGBD.

(LITT et al., 2013) destacou a notoriedade que os bancos de dados *NoSQL* ganharam nos últimos anos, em virtude de oferecer uma estrutura mais flexível quando comparados aos bancos relacionais como o *PostgreSQL*. Todavia a maioria dos bancos *NoSQL* não oferecem suporte às propriedades transacionais atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade (ACID), para garantir desempenho e escalabilidade. Neste trabalho foi utilizado o suporte do *PostgreSQL* ao armazenamento de dados não estruturados: o tipo *JSONB*. Os autores concluíram que a utilização desde recurso melhorou o desempenho das consultas de duas a oito vezes, sem comprometer a etapa de inserção.

(ORTÍZ et al., 2016) destacaram o emprego de dados semi-estruturados para armazenar informações bem como a necessidade de administrar e manipular este tipo de estrutura. Essas soluções são conhecidas como *NoSQL* (*Not only Structured Query Language*) e oferecem maior escalabilidade e tempo de resposta quando comparadas com os bancos de dados relacionais. Todavia o suporte às propriedades transacionais ACID oferecidos pelos bancos relacionais são de grande importância para garantir desempenho e escalabilidade. Recentemente diversos SGBDR têm incorporado gradualmente recursos *NoSQL*. Nesse trabalho os autores avaliaram o desempenho do *PostgreSQL* no uso do tipo de dados JSON e JSONB, no que diz respeito ao tempo de resposta. Testes de desempenho na carga, consulta e manipulação dos dados utilizando esses dois tipos foram realizados. Concluiu-se que o uso do tipo JSONB melhora consideravelmente o tempo de resposta na seleção de registros.

(PETKOVIĆ, 2017) analisou as diversas características do *JSON* e como diferentes sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais (SGBDR) implementaram este recurso. Dos SGBDR avaliados, o *Oracle* implementou a maior parte das especificações exigidas pelo *American National Standards Institute* (ANSI). Para o *PostgreSQL* entende-se que integração do *JSON* está completa, embora não esteja seguindo o padrão estabelecido pelo ANSI. Já o *SQL server* implementou diversos recursos relacionados à integração do *JSON* de acordo com o ANSI.

(VIEIRA et al., 2011) destacaram a necessidade de armazenamento de informações de genótipo e fenótipos em um SGBD bem como o equilíbrio entre a normalização e desempenho durante a modelagem do banco de dados. Para resolver o problema de armazenamento e desempenho das consultas num grande volume de dados foi apresentado um modelo de dados que permite a implementação do tipo *JSON* em campos de tabelas relacionadas a fenótipos e do tipo texto em campos da tabela de genótipos. Os autores concluíram que o sistema projetado, o Banco de Dados de Genótipos e Fenótipos (BDGF), permite o armazenamento e rápido acesso à dados de *pedigree*, fenótipos e genótipos, utilizados em avaliações genéticas. Além disso pode ser facilmente ajustado para armazenar informações de diversas fontes, como dados de plantas.

(PETKOVIĆ, 2017) destacou a importância do suporte ao armazenamento e consulta do tipo *JSON* no contexto dos SGBD relacionais para acompanhar a nova era de desenvolvimento de aplicativos. Neste artigo foram discutidos os recursos *JSON* especificados pela proposta de padronização conhecida como *SQL/JSON* e também até que ponto os SGBDR o integraram. O autor descreve as vantagens e desvantagens do padrão proposto e sugere que os documentos *JSON* devem ser objetos nativos *SQL*, pois proporciona melhor desempenho. Além disso, destaca que é necessário o suporte ao acesso direto de dados *JSON* externos e a instrução *SQL UPDATE* para modificar o documento *JSON*.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os critérios utilizados pela NBR 16401-1 para determinar os dados climáticos de projeto para cidades não listadas na norma e a metodologia de processamento de informações meteorológicas, de acordo com o procedimento descrito pelo manual da ASHRAE no capítulo 14 - Informações sobre dados climáticos de projeto.

2.1 Obtenção dos Dados Climáticos de Projeto Segundo a NBR 16401-1

A NBR 16401-1 estabelece que o projeto e dimensionamento dos sistemas AVAC devem ser baseados nas condições climáticas do local e nos requisitos de conforto estipulados na etapa de projeto.

O Anexo A da referida norma apresenta, para 34 cidades brasileiras, um conjunto de dados climáticos para diversas frequências anuais de ocorrência, conforme a Figura 3.

Estado	Cidade	Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s		
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec. TBS	Umidificação		
	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc		99,6%		TPO	w	TBSc
	1%									99%				
ΔTmd	2%													

Legenda	
Pr atm	Pressão atmosférica padrão no local (kPa)
Período	Período das observações meteorológicas (ano inicial/ano final)
Extrem. anuais	Média das temperaturas extremas anuais e desvio-padrão (s)
Mês > Q	Mês no período com a maior média das temperaturas máximas
ΔTmd	Varição média da temperatura diária no mês mais quente
Mês > F	Mês no período com a menor média das temperaturas mínimas
Frequência anual	Porcentagem do total das horas do ano em que as temperaturas de projeto indicadas serão provavelmente ultrapassadas
TBS, TBU, TPO	Temperaturas (máx. ou mín.) de projeto, de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho
TBSc, TBUc	Temperaturas de projeto coincidentes, de bulbo seco, bulbo úmido
w	Umidade absoluta (g/kg de ar seco)

Figura 3 – Formato das tabelas de dados e legenda - Fonte: NBR 16401-1 (ABNT, 2008)

A frequência anual de ocorrência deve ser escolhida de acordo com a confiabilidade requerida do projeto. Cabe ao projetista determinar as condições de projeto obedecendo aos seguintes critérios:

- 0,4% e 99,6% - obrigatório para projetos críticos mas é opcional para sistemas comerciais ou residenciais de alta exigência. Para projetos críticos, exige-se uma probabilidade mínima de a capacidade calculada ser inferior a necessária para garantir as condições internas.

- 1% e 99% - adequado para projetos comerciais e residenciais.
- 2% - deve ser adotado somente em situação onde se admite ultrapassar, com maior frequência, as condições de temperatura e umidade relativa previstas em projeto.

Além disso, dependendo do objetivo do cálculo de projeto, os seguintes dados devem ser adotados:

- a) Dimensionamento de sistemas de resfriamento e desumidificação: temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido coincidente (TBUc).
- b) Verificação de se a carga total de resfriamento do sistema não ultrapassa a determinada conforme indicado no item *a*), no caso de altas taxas de ar exterior: temperatura de bulbo úmido (TBU) e temperatura de bulbo seco coincidente (TBSc).
- c) Dimensionamento de sistemas de resfriamento evaporativo e torres de resfriamento: TBU e TBSc.
- d) Dimensionamento de sistemas de baixa umidade: temperatura de ponto de orvalho (TPO), umidade absoluta (w) e temperatura de bulbo seco coincidente (TBSc).
- e) Dimensionamento de sistemas de aquecimento e umidificação: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de ponto de orvalho (TPO) e temperatura de bulbo seco coincidente (TBSc).

Para localidades não listadas no anexo A, a norma recomenda que seja adotado um critério comparativo para identificar qual das cidades listadas possui dados climáticos semelhantes aos do local de projeto.

O território brasileiro é dividido em oito regiões climáticas, conforme mostra a figura 4. Esse critério leva em consideração o mês mais quente e mês mais frio, altitude, média dos extremos anuais, dentre outros fatores (NBR15220-3, 2003). Para correlacionar as cidades é necessário que elas pertençam a mesma zona bioclimática.

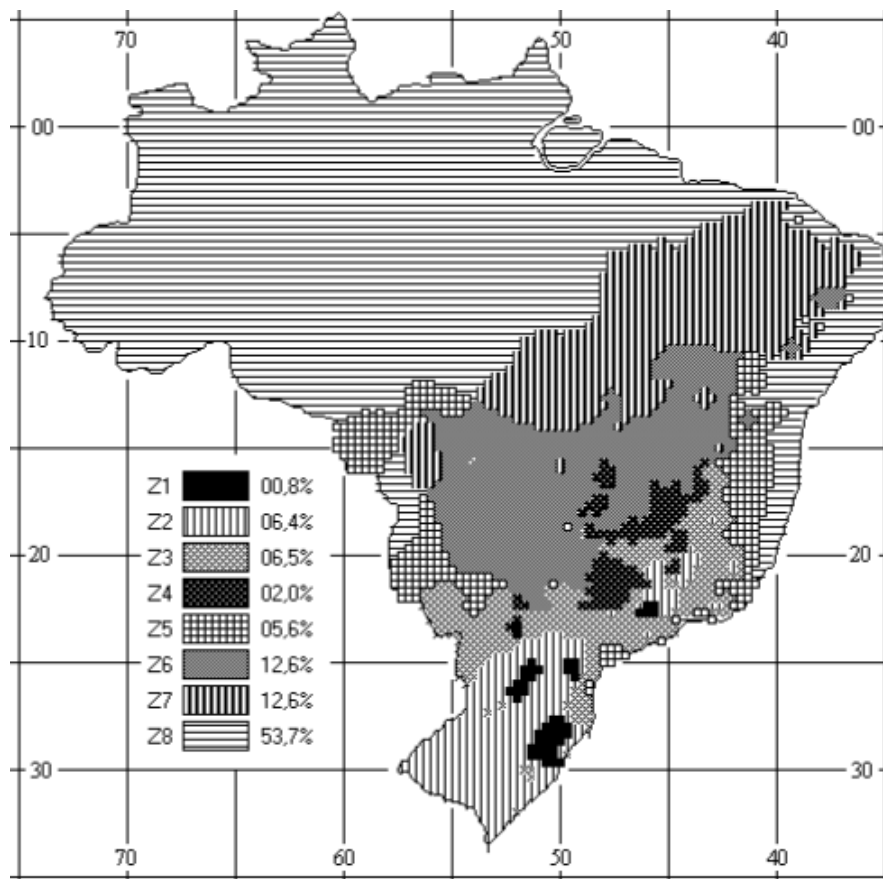


Figura 4 – Zoneamento bioclimático brasileiro - Fonte: NBR 15220-3 (NBR15220-3, 2003)

Cabe também ao projetista avaliar a ocorrência de ilhas de calor nos centros urbanos e avaliar a correção necessária dos dados listados.

2.2 Cálculo dos Dados Climáticos de Projeto Conforme a ASHRAE (2013)

A ASHRAE (2013) apresenta, no capítulo 14 de seu manual, a metodologia de processamento dos dados meteorológicos horários cujo objetivo é obter os parâmetros de projeto para o dimensionamento de sistemas AVAC (ASHRAE, 2013a).

Os valores das condições de projeto TBS, TPO, TBU podem ser obtidos por meio do armazenamento dos dados meteorológicos da localidade em um vetor de frequências e, em seguida, é avaliada a probabilidade de uma condição igualar ou exceder a uma porcentagem específica do número total de horas anuais. Como um ano tem 8760 horas, as frequências de ocorrência 0,4%, 1,0% e 2,0% são excedidas em média, respectivamente, 35, 88 e 175 horas por ano.

Para o cálculo da radiação solar é usado o modelo de céu claro e não os dados medidos por estações meteorológicas. Esses dados de céu claro são tabelados para

o dia 21 de cada mês. Este dia é conveniente porque, para o hemisfério sul, tem-se em 21 de junho e 21 de dezembro, respectivamente, o dia mais curto e mais longo do ano e para 21 de março e 21 de setembro o dia e a noite tem a mesma duração (ASHRAE, 2013a).

O processo para preencher dados ausentes na série temporal meteorológica e o cálculo das condições de projeto serão descritos, respectivamente, na subseção 2.2.1 e 2.2.2 .

2.2.1 **Preenchimento do Conjunto de Dados Meteorológicos**

Nesta seção será abordado o procedimento adotado pela ASHRAE (2013) para preencher os dados meteorológicos ausentes.

O conjunto de dados meteorológicos utilizado para calcular as condições de projeto pode conter valores ausentes ou registros isolados obtidos por estações meteorológicas que emitem relatórios apenas a cada três horas (ASHRAE, 2013a). Por esta razão a ASHRAE segue as recomendações descritas no relatório 890-RP, onde todos os meses serão analisados e os dados ausentes, quando possível, serão preenchidos de acordo com os critérios estabelecidos, de modo que a base meteorológica obtida seja estatisticamente significativa (COLLIVER et al., 1998).

Inicialmente os dados ausentes de TPO, TBS, pressão barométrica e umidade relativa (UR), serão preenchidos por interpolação linear, desde que o intervalo dos valores faltantes não seja maior que seis horas. A interpolação não será utilizada para calcular os valores de direção e velocidade do vento devido à sua natureza estocástica e imprevisível (THEVENARD et al., 2005).

Nesta análise, dados meteorológicos para hora exata serão utilizados. Na ausência destes, dados de até meia hora antes ou depois serão utilizados para o preencher a série (THEVENARD et al., 2005).

Após a base ser preenchida conforme descrito acima, os seguintes critérios serão adotados para aceitar ou rejeitar o mês na análise estatística:

1. Será descartado o mês quando:
 - 1.1. A soma dos intervalos vazios de TBS supera 15% do total de horas do mês.
 - 1.2. A diferença entre o total de horas diurnas e noturnas for maior que 60.
 - 1.3. A soma dos valores de TPO vazios supera 15% do total de TBS disponível, exceto quando a umidade relativa (UR) esteja disponível para o dado horário.

2. Os vazios de TPO serão preenchidos utilizando, simultaneamente, os valores de TBS e UR por meio da equação 2.1:

$$TPO = C_{14} + C_{15} \times \alpha + C_{16} \times \alpha^2 + C_{17} \times \alpha^3 + C_{18} \times (p_w)^{0,1984} \quad (2.1)$$

Onde

$$C_{14} = 6,54$$

$$C_{15} = 14,526$$

$$C_{16} = 0,7389$$

$$C_{17} = 0,09486$$

$$C_{18} = 0,4569$$

$$\alpha = \ln(p_w)$$

A pressão parcial do vapor d'água (p_w) para uma mistura de ar úmido é dada pela equação 2.2:

$$p_w = \frac{p \times W}{0,621945 + W} \quad (2.2)$$

Sendo a pressão atmosférica padrão (p) em função da altitude em kPa , e a umidade absoluta (W), dadas, respectivamente, pelas equações 2.3 e 2.4.

$$p = 103,325 \times (1 - 2,25577 \times 10^{-5} \times Z)^{5,2559} \quad (2.3)$$

$$\mu = \frac{W}{W_s} \quad (2.4)$$

Onde, Z a altitude da estação meteorológica, μ é a umidade relativa do ar e W_s é a quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode reter a uma dada temperatura.

A umidade de saturação W_s pode ser obtida utilizando a tabela de propriedades termodinâmicas do ar úmido apresentada no anexo A.

3. Serão eliminados, para o cálculo das condições de vento, os meses onde a soma dos valores de velocidade do vento disponíveis for inferior a 1/3 do total de valores de TBS disponíveis.
4. A base poderá ser analisada estatisticamente caso seja possível obter o mesmo número de repetições para todos os meses de modo que haja no mínimo 8 anos, ou seja, 8 meses de janeiro, 8 de fevereiro, etc. Para garantir a mesma quantidade de repetições, os meses mais antigos serão eliminados.

5. A distribuição de frequência é criada de acordo com o procedimento descrito na seção 2.2.2 ;
6. Para projetos de resfriamento e desumidificação a Temperatura de Ponto de Orvalho Coincidente (TPOc) é obtida de acordo com a equação 2.11;
7. Calcula-se o perfil teórico de TBS para o dia mais quente para dados de projeto anuais e para cada mês para dados mensais, de acordo com a equação 2.5:

$$TBS(h) = TBS + f_h \times \Delta T \quad (2.5)$$

Onde:

ΔT é a média da amplitude térmica diária e f_h é a fração da variação média de temperatura de acordo com a hora do dia, conforme a Tabela 1. Os valores de f_h apresentados na Norma Brasileira são ligeiramente diferentes, conforme a tabela 2.

Hora	f_h	Hora	f_h	Hora	f_h
01	0,88	09	0,55	17	0,14
02	0,92	10	0,38	18	0,24
03	0,95	11	0,23	19	0,39
04	0,98	12	0,13	20	0,50
05	1	13	0,05	21	0,59
06	0,98	14	0,00	22	0,68
07	0,91	15	0,00	23	0,75
08	0,74	16	0,06	24	0,82

Tabela 1 – Fração da variação Média Diária da Temperatura. (ASHRAE, 2013a)

Hora	f_h	Hora	f_h	Hora	f_h
01	0,87	09	0,71	17	0,10
02	0,92	10	0,56	18	0,21
03	0,96	11	0,39	19	0,34
04	0,99	12	0,23	20	0,47
05	1	13	0,11	21	0,58
06	0,98	14	0,03	22	0,68
07	0,93	15	0,00	23	0,76
08	0,84	16	0,03	24	0,82

Tabela 2 – Fração da variação Média Diária da Temperatura. (ABNT, 2008)

8. A velocidade coincidente do vento é obtida através da média das velocidades que coincidem com a TBS encontrada no item anterior e Direção do vento escolhida

é a mais frequente dentre as que coincidem com a TBS calculada;

9. Para projetos de Baixa umidade e Umidificação calcula-se a TPO para cada nível de frequência, de acordo com a equação 2.7;
10. Calcula-se a Temperatura de Bulbo Seco Coincidente (TBSc) para cada nível de frequência, de acordo com a equação 2.11;

Utilizando as equações psicométricas é possível obter a TBUc a partir da TBS e TPOc encontradas. Da mesma forma, a umidade absoluta (w) é obtida através da TPO e TBSc calculadas no procedimento descrito nesta seção.

2.2.2 Cálculo das Condições de Projeto

Nesta seção será abordado o procedimento para obter as condições de projeto que excedem uma porcentagem das ocorrências. Inicialmente uma variável será analisada isoladamente e depois uma análise conjunta entre duas variáveis será efetuada para obter as condições coincidentes de projeto. As variáveis Temperatura de Bulbo Seco e (T_{BS}) e Temperatura Ponto de Orvalho (T_{PO}) serão utilizadas para ilustrar o cálculo.

As condições de projeto são determinadas a partir de uma extensa base de dados meteorológicos medidos diariamente a cada hora. Esses dados são utilizados para criar os vetores de frequência e calcular a distribuição de frequência acumulada (DAF) para cada variável (THEVENARD et al., 2005).

Os dados brutos da variável em questão são organizados em ordem crescente e o vetor de frequência é obtido a partir do agrupamento desse dados em classes de amplitude pré-estabelecida de modo a fornecer a quantidade total de observações dentro de cada classe.

Todos os valores presentes nesse vetor satisfazem a seguinte relação:

$$T_{BS}^k - \frac{\Delta T_{BS}}{2} \leq T_{BS} < T_{BS}^k + \frac{\Delta T_{BS}}{2} \quad (2.6)$$

Onde T_{BS}^k representa o valor central da classe k e ΔT_{BS} é a amplitude de classe e T_{BS} é a Temperatura de bulbo seco.

A figura 5 ilustra a distribuição de frequência de TBS da Cidade de Montes Claros localizada no estado de Minas Gerais, conforme a relação 2.6 .

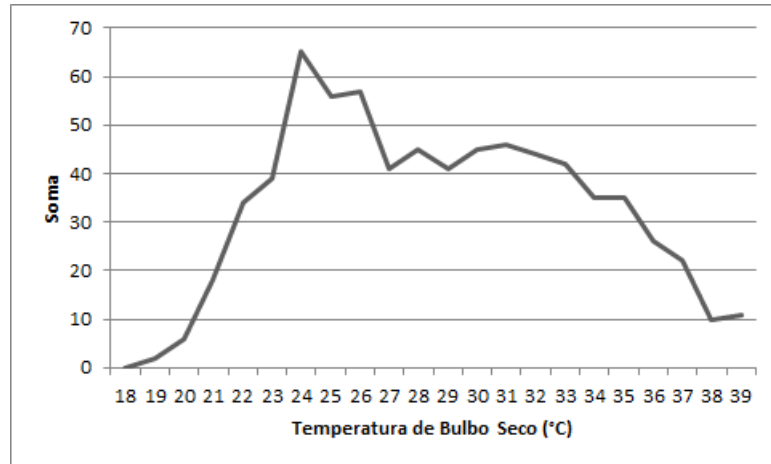


Figura 5 – Distribuição de frequência da TBS do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.

A DAF da variável T_{BS} (DAF_{BS}^k) é obtida pela razão entre o número de observações acumulado dos intervalos abaixo de uma determinada classe ($\sum_{i \leq k} F_{BS}^i$) e o número total de dados da variável em questão ($\sum_i F_{BS}^i$), conforme a equação 2.7.

$$DAF_{BS}^k = \frac{\sum_{i \leq k} F_{BS}^i}{\sum_i F_{BS}^i} \quad (2.7)$$

A DAF_{BS}^k representa a probabilidade (P) que a variável T_{BS} tem de ser menor que o limite superior de intervalo de classe avaliado, ou seja:

$$DAF_{BS}^k = P(T_{BS} < T_{BS}^k + \frac{\Delta T_{BS}}{2}) \quad (2.8)$$

A figura 6 mostra a distribuição de frequência acumulada da variável T_{BS} para o mês de outubro da cidade de Montes Claros. Analisando a DAF é possível determinar a condição de projeto que excede em 2% das ocorrências, ou seja, 98% das medidas de T_{BS} encontram-se abaixo da temperatura de 38 °C.

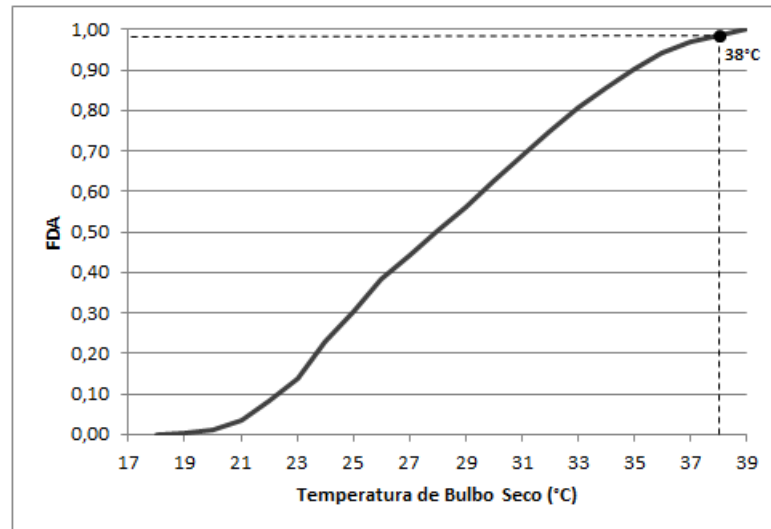


Figura 6 – Distribuição de Frequência Acumulada de TBS do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.

O cálculo das condições de projeto coincidentes requer uma análise conjunta das variáveis envolvidas, ou seja, a DAF representa a probabilidade da ocorrência simultânea de qualquer par de valores. Neste caso, T_{BS} e T_{PO} serão utilizadas para calcular a Temperatura de Ponto de Orvalho Coincidente (T_{POc}).

A T_{POc} pode ser obtida por meio de uma matriz bidimensional ($F_{BS,PO}$) onde os elementos j e k são, respectivamente, soma da frequência de ocorrência de T_{BS} e T_{PO} em um intervalo de classes onde as seguintes condições são satisfeitas:

$$T_{BS}^j - \frac{\Delta T_{BS}}{2} \leq T_{BS} < T_{BS}^j + \frac{\Delta T_{BS}}{2} \quad (2.9)$$

$$T_{PO}^k - \frac{\Delta T_{PO}}{2} \leq T_{PO} < T_{PO}^k + \frac{\Delta T_{PO}}{2} \quad (2.10)$$

Onde T_{BS}^j e T_{PO}^k são, respectivamente, o valor central da classe de T_{BS} e T_{PO} , ΔT_{BS} e ΔT_{PO} são, respectivamente, a amplitude de classe.

Para cada valor de T_{BS}^k , a temperatura de ponto de orvalho coincidente $\overline{T_{BS,PO}^k}$ pode ser obtida através da média das T_{PO} que coincidem com a T_{BS}^k , conforme a equação 2.11.

$$\overline{T_{PO,BS}^k} = \frac{\sum_j F_{BS,PO}^{kj} T_{PO}^j}{\sum_j F_{BS,PO}^{kj}} \quad (2.11)$$

Onde T_{PO}^j é o valor central do intervalo j e $\sum_j F_{BS,PO}^{kj} T_{PO}^j$ é a frequência acu-

mulada dos valores de T_{PO} no intervalo j para uma dada T_{BS} da classe k .

A equação 2.11 pode ser representada graficamente de acordo com a figura 7, onde a T_{POc} para a frequência de 2% é calculada por meio de uma interpolação, obtendo 38 °C para temperatura de bulbo seco e 2.2 °C para temperatura ponto de orvalho coincidente.

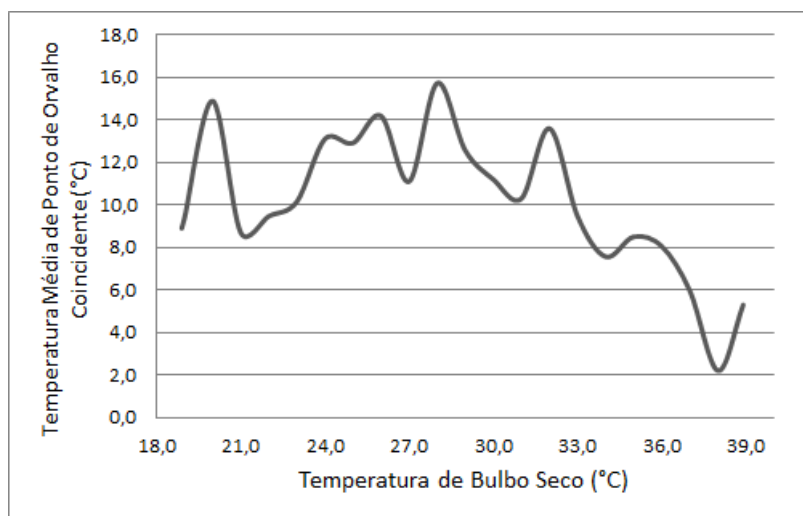


Figura 7 – A distribuição de frequência acumulada conjunta entre T_{BS} e T_{POc} do mês de outubro para a cidade de Montes Claros.

Outras condições coincidentes podem ser obtidas utilizando o procedimento descrito. Todavia para calcular a direção do vento coincidente é necessário encontrar a direção predominante que corresponde à T_{BS} avaliada.

Em relação ao cálculo da distribuição conjunta, a amplitude de classe das condições coincidentes não são necessariamente as mesmas utilizadas para calcular as condições simples. Isso porque quanto menor for a amplitude menos precisa é a condição coincidente. Maiores amplitudes favorecem a criação de uma curva mais suave, principalmente nos extremos (THEVENARD et al., 2005).

Neste trabalho as seguintes amplitudes foram utilizadas para o cálculo das condições coincidentes:

- 1 °C para temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho.
- 1 m/s para velocidade do vento.
- 10° para direção do vento.

Para o cálculo isolado de uma variável as seguintes amplitudes foram utilizadas:

- 0,5 °C para temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho.
- 1 m/s para velocidade do vento.

3 ANÁLISE E PROJETO DO SISTEMA

Este capítulo destina-se a apresentação da arquitetura de *software* utilizada para o desenvolver o sistema de geração de dados de projeto para AVAC, chamado de DwpGen.

A arquitetura de *software* vai além da escolha de algoritmos e estrutura de dados, decisões sobre as estruturas, controle, protocolos de comunicação, sincronização e acesso aos dados, atribuição de funcionalidades, distribuição física dos elementos escalabilidade e desempenho tornam-se necessários a medida que o tamanho e complexidade dos sistemas de software crescem (SHAHIN et al., 2009).

Esta seção visa apresentar a especificação arquitetural do *DwpGen*, de forma abstrata, mostrando o conjunto de componentes que interagem e cooperam entre si com o objetivo de satisfazer os requisitos especificados, permitindo a visualização da estrutura e funcionamento do *software* independente da linguagem de programação e SGBD.

3.1 Requisitos do DwpGen

O DwpGen surgiu a partir da necessidade dos projetistas de ar-condicionado terem acesso a dados de projeto mais precisos para localidades não listadas na NBR 16401-1 e no manual da ASHRAE no capítulo 14. Atualmente não existe nenhuma ferramenta no mercado ou academia que realize o processamento de dados meteorológicos e forneça os dados necessários para projetar uma instalação de AVAC em localidades não listadas nas referidas normas.

Nesta seção serão apresentados o diagrama de casos de uso e os diagramas de atividades do fluxo principal de cada caso de uso do sistema.

3.1.1 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso procura apresentar uma visão geral das funcionalidades ou serviços que o sistema deve executar. Este diagrama é utilizado na compreensão dos requisitos do sistema, na identificação dos tipos de usuário que vão interagir com a aplicação e que papéis esses usuários irão assumir (GUEDES, 2009). A figura 8 apresenta o diagrama de casos de uso referente ao DwpGen.

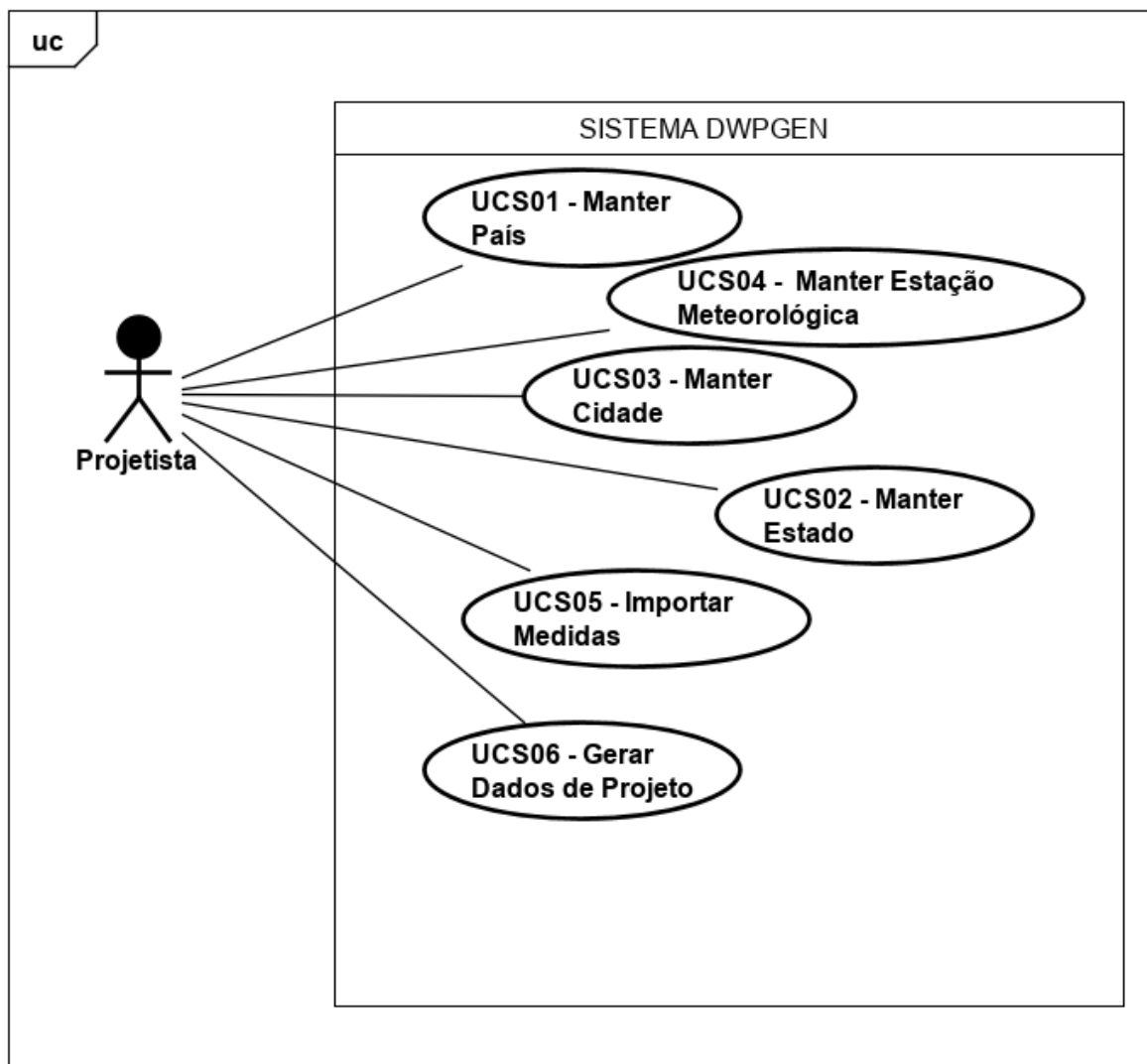


Figura 8 – Diagrama de Casos de Uso - Sistema DwpGen

O ator que interage com o sistema é o projetista responsável por realizar os cadastros iniciais e solicitar os dados de projeto.

A seguir os casos de uso são detalhados e o diagrama de atividades para cada um é apresentado.

1. UCS01 - Manter País: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista cadastra um País no sistema.

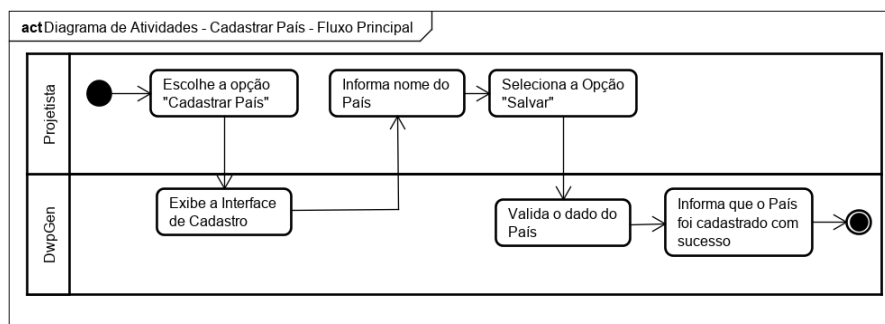


Figura 9 – Diagrama de Atividades - UCS01 - Manter País - Fluxo Principal Cadastrar País

2. UCS02 - Manter Estado: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista cadastra um Estado no sistema.

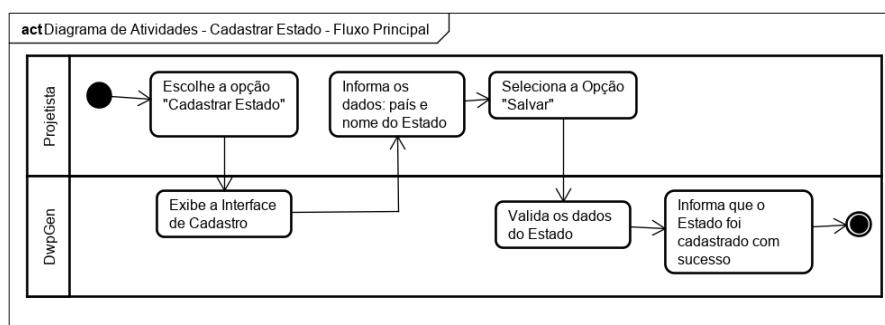


Figura 10 – Diagrama de Atividades - UCS02 - Manter Estado - Fluxo Principal Cadastrar Estado

3. UCS03 - Manter Cidade: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista cadastra uma cidade no sistema.

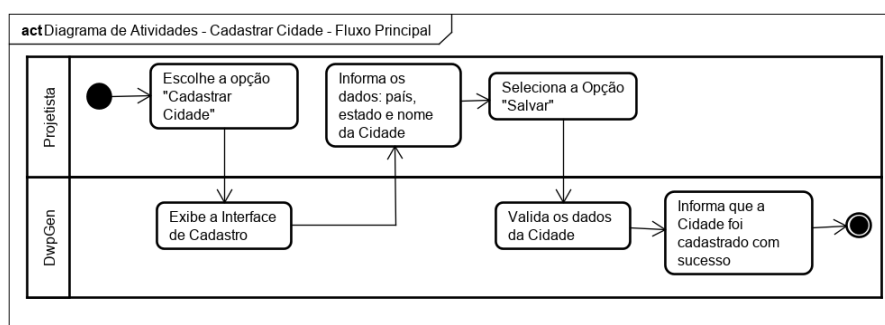


Figura 11 – Diagrama de Atividades - UCS03 - Manter Estado - Fluxo Principal Cadastrar Cidade

4. UCS04 - Manter Estação Meteorológica: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista cadastra uma estação meteorológica no sistema.

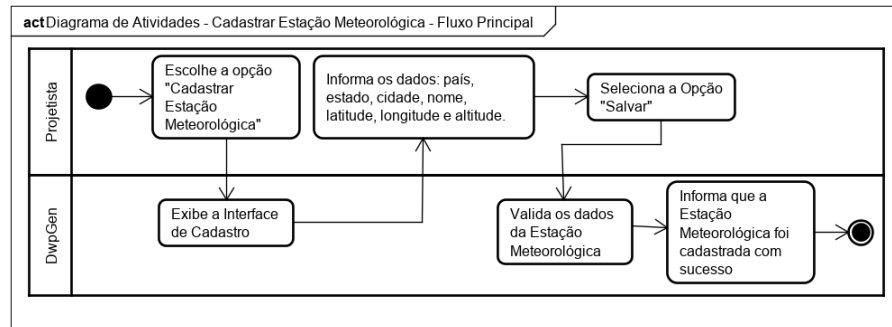


Figura 12 – Diagrama de Atividades - UCS04 - Manter Estação Meteorológica - Fluxo Principal Cadastrar Estação Meteorológica

5. UCS05 - Importar Medidas: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista cadastra as medidas no sistema. Neste processo, o projetista pode escolher qual é a sua fonte de dados.

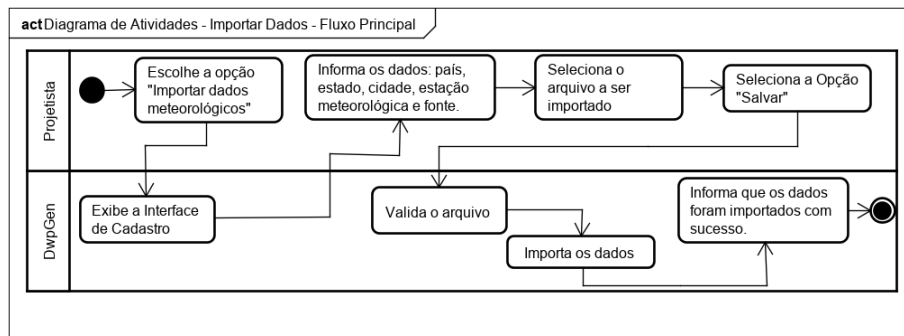


Figura 13 – Diagrama de Atividades - UCS05 - Importar Medidas - Fluxo Principal

6. UCS06 - Analisar dados: este caso de uso representa o processo pelo qual o projetista solicita que o sistema gere os dados de projeto conforme descrito na seção 2.

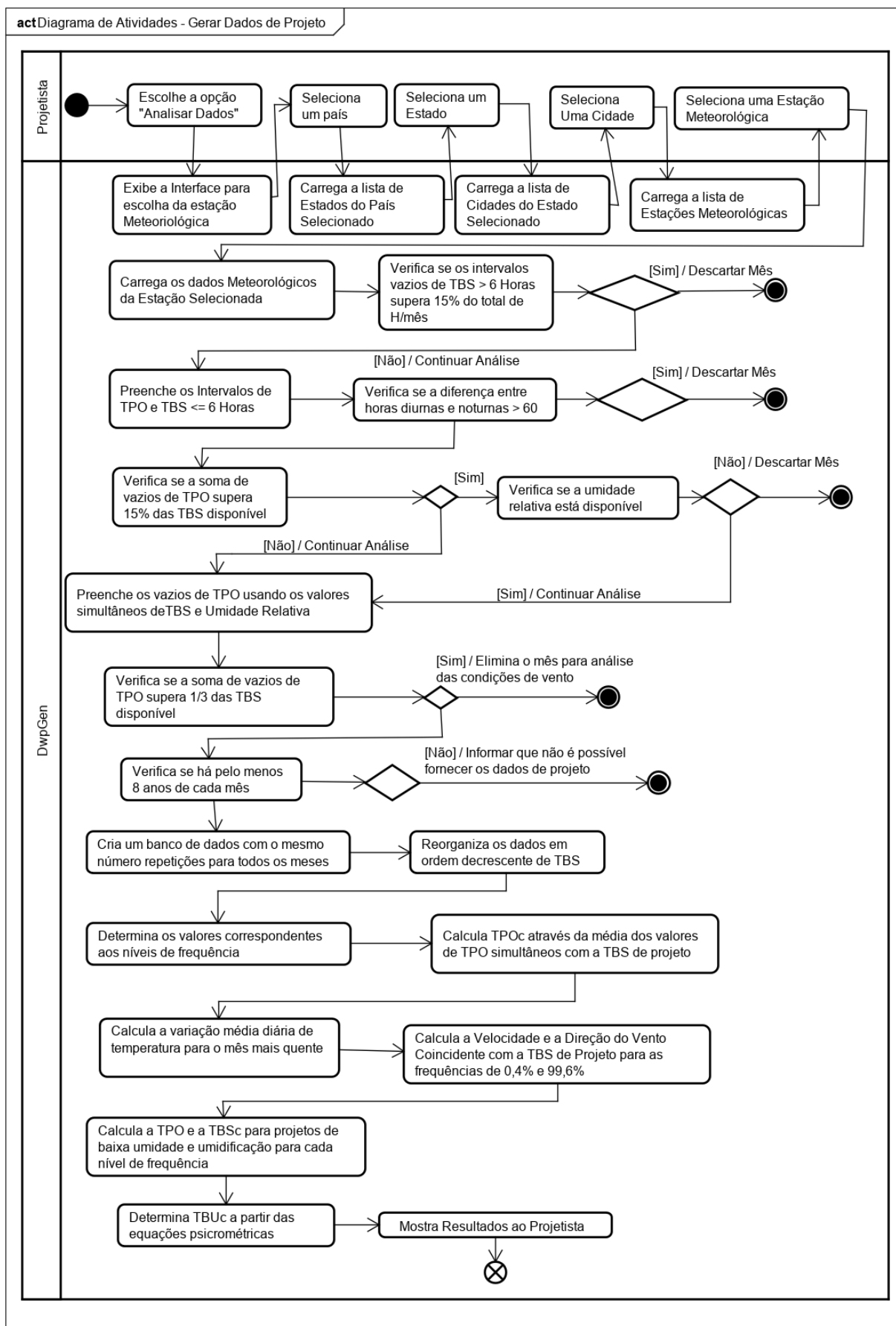


Figura 14 – Diagrama de Atividades - UCS06 - Analisar Dados - Fluxo Principal

Os requisitos levantados por este diagrama servirão de base para a modelagem de outros diagramas de sistema que serão descritos na seção 3.3.

3.2 Padrão Arquitetural

Padrões e estilos arquiteturais são capazes de fornecer um conjunto de subsistemas predefinidos, onde as responsabilidades, regras e diretrizes são especificadas a fim de organizar a interação entre esses subsistemas. Os padrões também são utilizados para atender o desenvolvimento de software, reuso e facilitar o gerenciamento de mudanças (SILVA, 2016).

Diversos tipos de padrões estão disponíveis e podem ser utilizados no desenvolvimento mas sua escolha deve estar associada ao tipo de sistema, seus requisitos funcionais e não-funcionais. (BUSCHMANN et al., 2007) apresentaram 8 exemplos de padrões arquiteturais separados nas seguintes categorias:

- Estruturais: utilizados na decomposição controlada das tarefas em sub-tarefas. Considerando requisitos estáveis e bem definidos.
- Sistemas Distribuídos: utilizados para dar suporte à estruturação de aplicações distribuídas.
- Sistemas Interativos: utilizados na estruturação de aplicações que apresentam alto grau de interação com o usuário.
- Sistemas Adaptáveis: utilizados para dar suporte à extensão de aplicações e sua adaptação à tecnologia em evolução e à mudança em requisitos não funcionais.

O padrão arquitetural utilizado no desenvolvimento do *DwpGen* foi o *Model-View-Controller* - o MVC, devido a sua natureza de interação com o usuário e SGBD. A subseção 3.2.1 detalha o MVC e as particularidades adotadas neste trabalho.

3.2.1 O Padrão Arquitetural Model-View-Controller (MVC)

O MVC é um padrão arquitetural que separa o projeto de software em três partes, onde cada uma assume operações relacionadas ao domínio, exibição de um estado e interação entre o usuário e o modelo (KRASNER et al., 2000).

Este padrão possibilita a redução de dependências entre as partes envolvidas, eleva a produtividade do processo de desenvolvimento, reduz a complexidade do código, possibilita a reutilização dos módulos em outros sistemas e facilita a manutenção do código (KRASNER et al., 1988). A função de cada camada é descrita abaixo:

- *Model* representa o domínio da aplicação. Também é responsável por realizar a interface com o banco de dados.
- *View* é a onde toda informação é apresentada ao usuário. Por meio dela é que o usuário pode realizar alterar ou visualizar o estado do modelo.
- *Controller* é a camada responsável por receber e processar as requisições dos usuários além de controlar as atualizações no modelo e na interface gráfica.

A figura 15 demonstra a dinâmica das camadas envolvidas nesse padrão: O usuário através de uma interface gráfica (*view*) realiza uma requisição para o *controller* e este solicita a informação a camada de domínio (*model*) que, por sua vez, retorna a resposta para o *controller*, que realizará a atualização da interface.

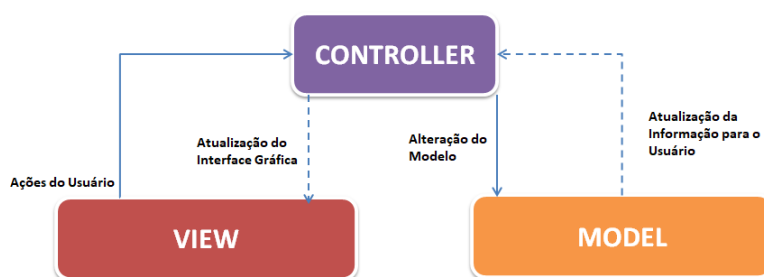


Figura 15 – Relação entre Model-View-Controller

Em conjunto com a arquitetura MVC, um importante padrão de projeto foi utilizado: o *Data Access Object* (DAO). O DAO surgiu da necessidade de separar a lógica de negócio da aplicação da persistência dos dados, ou seja, todas as interações com o banco de dados serão feitas por classes especializadas. A figura 16 representa a estrutura do padrão de projeto DAO.

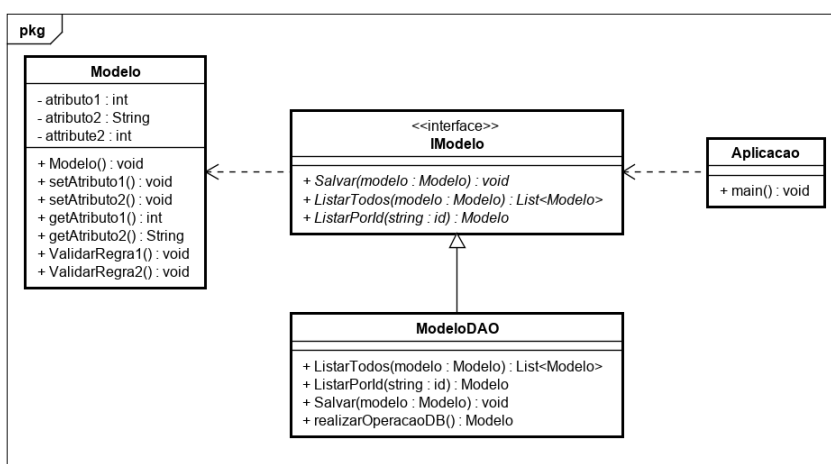


Figura 16 – Diagrama do padrão de projeto DAO

Baseado na arquitetura mostrada, este trabalho utilizou dois *frameworks* no desenvolvimento: o *CodeIgniter* e o *Doctrine*. O *CodeIgniter* foi escolhido por utilizar a arquitetura MVC e apresentar um excelente conjunto de bibliotecas prontas que facilitam a implementação. Já o *Doctrine* foi escolhido por oferecer um conjunto de bibliotecas responsáveis por mapear as classes de projeto em tabelas no banco de dados.

3.3 Modelagem de Dados

A modelagem de dados é uma técnica utilizada para especificação das regras de negócio e as estruturas de um banco de dados. Essa etapa do projeto é fundamental na construção de um modelo consistente e aplicável em qualquer SGBD (HEUSER, 1998).

Os modelos conceitual, lógico e físico do DwpGen serão descritos, respectivamente, nas seções 3.3.1 e 3.3.2 .

3.3.1 Modelo Conceitual

O modelo conceitual é uma descrição abstrata do banco de dados e independente do SGBD utilizado. Emprega-se a abordagem entidade-relacionamento para identificar as entidades e como elas se relacionam de acordo com as regras e requisitos do sistema (HEUSER, 1998). A figura 17 apresenta o diagrama entidade-relacionamento do DwpGen.

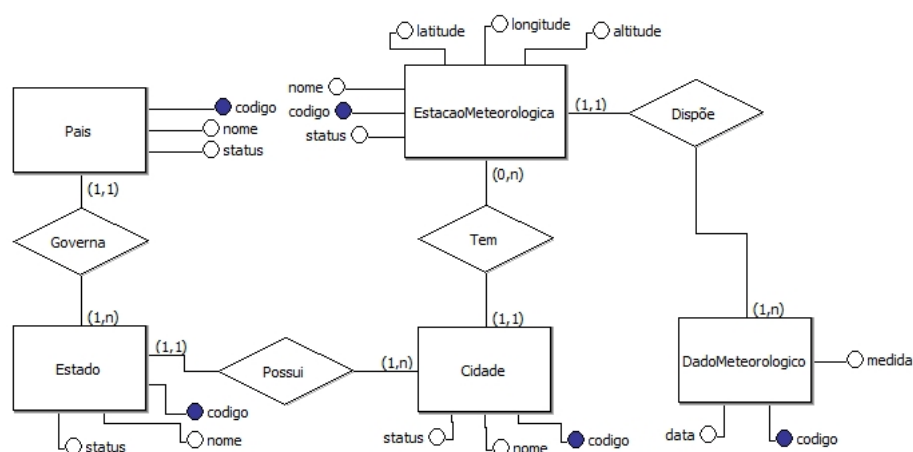


Figura 17 – Diagrama de Entidade-Relacionamento do DwpGen

O modelo apresentado indica que cada estação meteorológica localizada em uma cidade do mundo dispõe de dados meteorológicos, a saber: temperatura de bulbo

seco e ponto de orvalho, umidade relativa, pressão, velocidade e direção do vento. Cada uma das entidades envolvidas possui dados que serão armazenados no banco de dados. Por exemplo, para a entidade estação meteorológica, os seguintes dados serão armazenados: código, nome, latitude, longitude, altitude e status.

A partir desse diagrama, será criado o modelo lógico do banco de dados.

3.3.2 Modelo Lógico

O modelo lógico do banco de dados é uma descrição de um banco de dados no nível de abstração visto pelo usuário do SGBD (HEUSER, 1998). Diferentemente do modelo conceitual, este modelo depende do SGBD utilizado. Neste trabalho será utilizado um SGBD relacional, o *PostgreSQL*, onde os dados estão organizados na forma de tabelas. A figura 18 apresenta o modelo lógico do DwpGen onde são definidos os campos que cada tabela do banco contém.

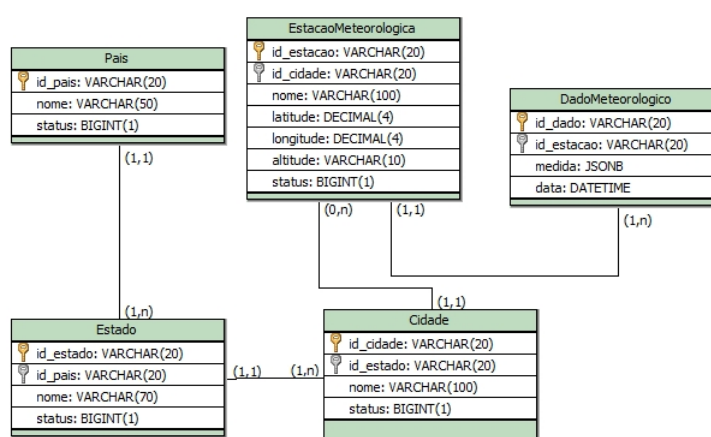


Figura 18 – Modelo lógico de dados do DwpGen

Este modelo descreve os detalhes de armazenamento interno dos dados, que não tem influência sobre a programação de aplicações no SGBD, mas podem influenciar a performance das aplicações (HEUSER, 1998).

Seguindo esta linha de raciocínio, neste trabalho optou-se por utilizar o tipo de dado *JSONB*, introduzido na versão 9.4 do *PostgreSQL*, para armazenar os dados horários da estação meteorológica, combinando as características dos bancos de dados relacionais com *NOSQL*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados a validação do sistema e dados climáticos de projeto para cinco cidades que não estão listadas na NBR-16401-1 e para sete estações meteorológicas localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro. Os dados obtidos nesta seção foram gerados pelo DwpGen de acordo com a metodologia e arquitetura descritas no capítulos 2 e 3, respectivamente.

Os dados de projeto calculados para oito cidades brasileiras são apresentados no Anexo B.

4.1 Validação

O Sistema desenvolvido neste trabalho foi validado a partir da análise comparativa com resultados fornecidos pela ASHRAE. As estações meteorológicas escolhidas foram as localizadas no aeroportos internacionais de Tampa e Albuquerque, nos estados norte-americanos da Flórida e Novo México, respectivamente.

Essas duas estações foram escolhidas porque tanto os dados climáticos de projeto estavam disponíveis no manual da ASHRAE e quanto os dados meteorológicos estavam acessíveis no portal do *National Centers for Environmental Information* (NCEI), agência mantida pelo governo dos Estados Unidos, responsável por tornar acessível dados meteorológicos, geofísicos e oceanográficos aos acadêmicos, empresas, governos locais e internacionais (NCEI, 2019).

As tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, os dados de projeto obtidos pelo DwpGen, enquanto as tabelas 5 e 6 apresentam os dados fornecidos pela ASHRAE.

Novo México		Albuquerque		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				35,5	-106,62	1618,15	86-10	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	0,4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	35,3	15,4	16,5	14,3	20,0	3,0	220
13,4	2%	34,1	15,3	15,7	13,7	20,2	-	-
		32,8	15,2	15,0	12,9	20,8	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Dez	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	-5,9		-17,7	1,0	4,1	-	-
		-7,6		-19,9	0,8	6,0	2,9	360

Tabela 3 – Dados climáticos de projeto de Albuquerque gerados pelo DwpGen

Flórida		Tampa		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				27,96	-82,54	5,8	86-10	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		33,5	25,7	25,9	21,2	29,6	3,2	270
ΔT_{md}	1%	33,1	25,1	25,2	20,3	29,0	-	-
8,2	2%	32,4	25,1	25	20,1	28,8	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Dez	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	3,8		-5,1	2,5	8,7	3,6	10

Tabela 4 – Dados climáticos de projeto de Tampa gerados pelo DwpGen

Novo México		Albuquerque		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				35,04	-106,62	1620,0	86-10	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		35,1	15,6	16,4	14,3	20	4,3	220
ΔT_{md}	1%	33,9	15,4	15,8	13,7	20,3	-	-
13,2	2%	32,6	15,4	14,9	12,9	20,8	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Dez	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	-5,8		-17,7	1,0	4,8	-	-
		-7,7		-19,8	0,8	4,3	3,1	0

Tabela 5 – Dados climáticos de projeto de Albuquerque fornecidos pela ASHRAE

Flórida		Tampa		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				27,96	-82,54	3	86-10	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		33,6	25,1	25,8	21,1	29,4	3,8	270
ΔT_{md}	1%	33	25,1	25,3	20,4	28,9	-	-
7,7	2%	32,4	25,1	24,9	20	28,7	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	6,0		-2,4	3,1	9,7	-	-
		3,8		-5,1	2,5	8,1	2,8	10

Tabela 6 – Dados climáticos de projeto de Tampa fornecidos pela ASHRAE

As figuras 19 e 20 apresentam para Albuquerque e Tampa, respectivamente, o perfil horário de TBS para o dia típico de projeto obtido pelo DwpGen e ASHRAE.

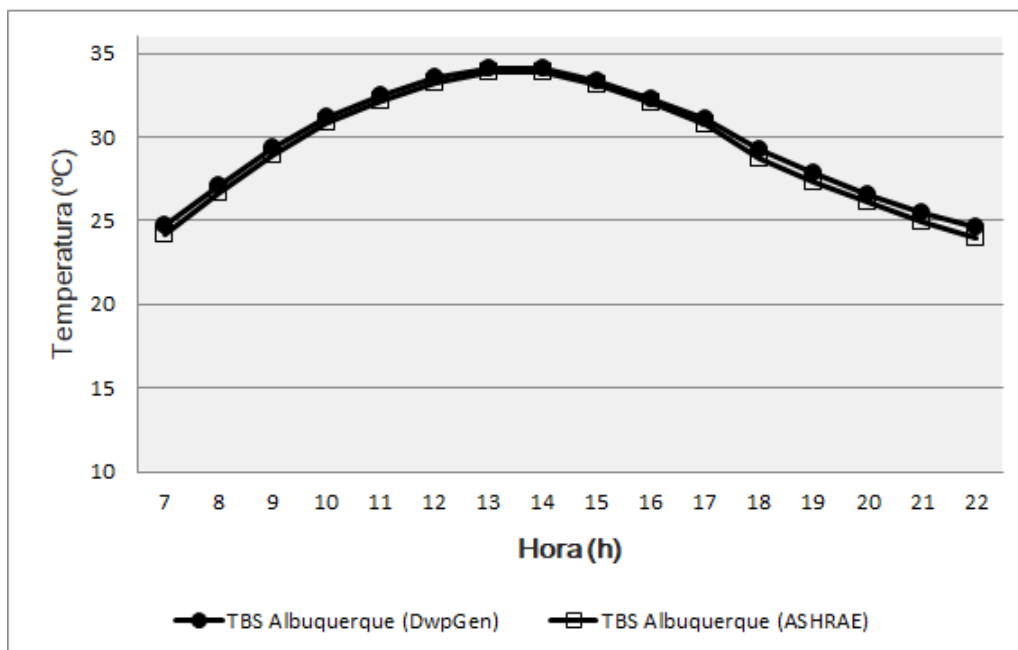


Figura 19 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Albuquerque

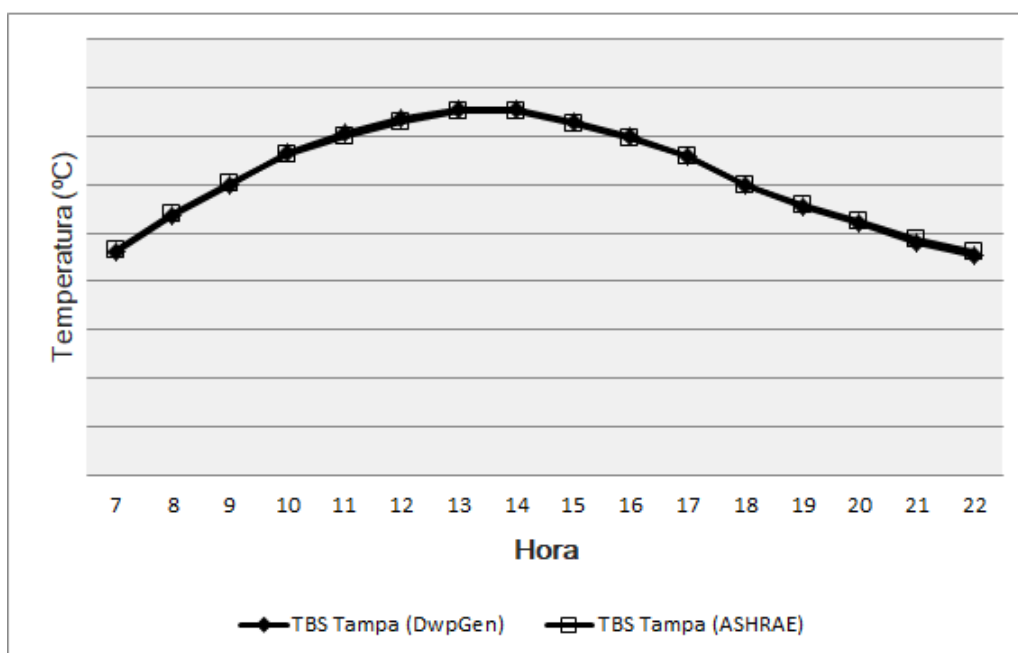


Figura 20 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Tampa

As figuras 21, 22, 23 e 24 comparam os dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade e de aquecimento para Tampa e Albuquerque, respectivamente.

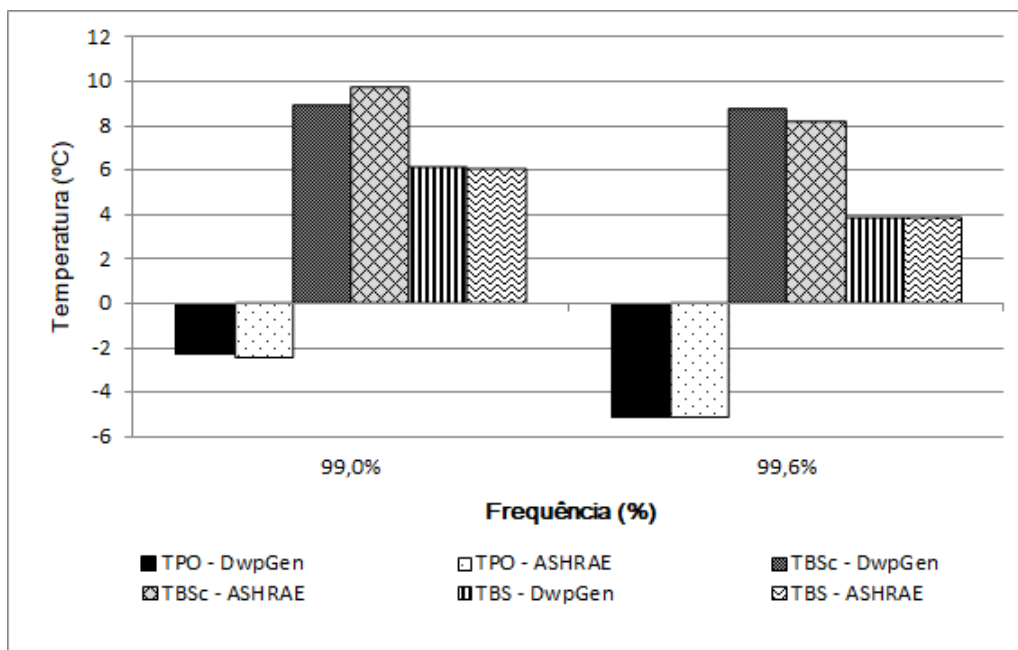


Figura 21 – Dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade - Tampa.

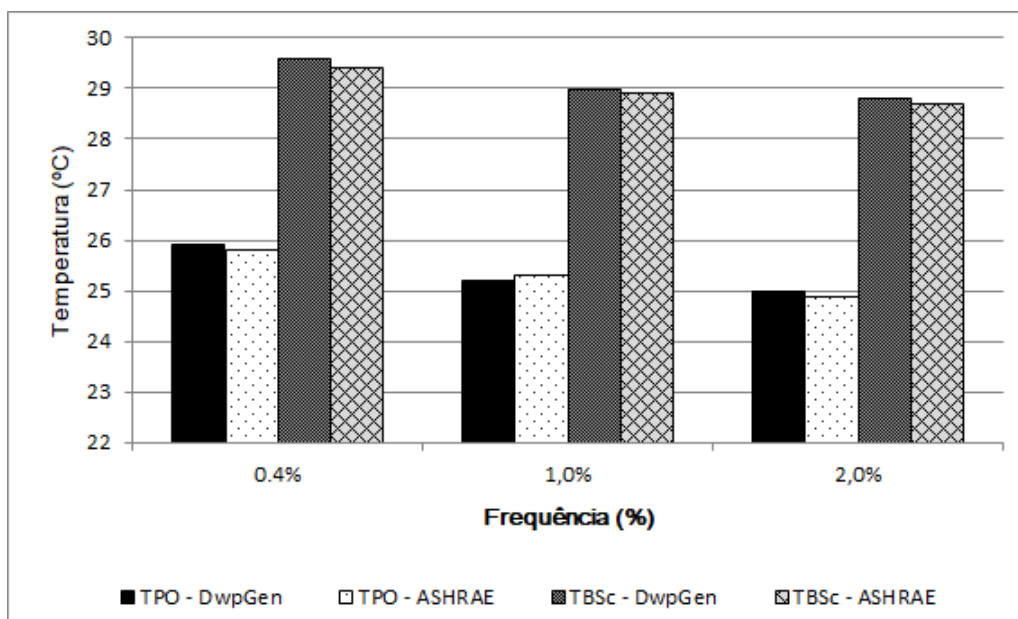


Figura 22 – Dados de projeto para dimensionamento de aquecimento e umidificação - Tampa.

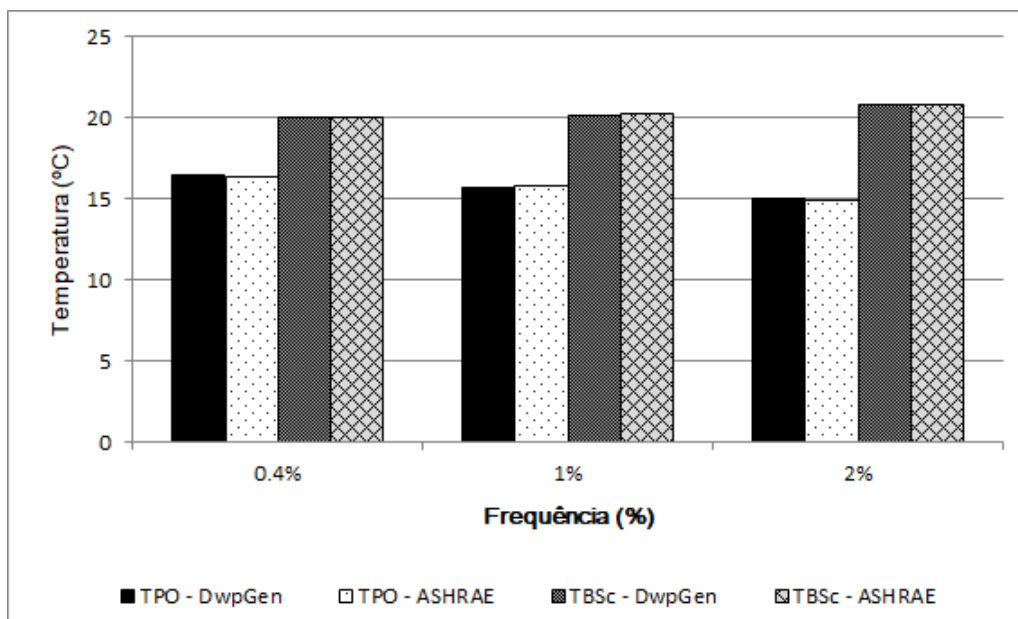


Figura 23 – Dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade - Albuquerque.

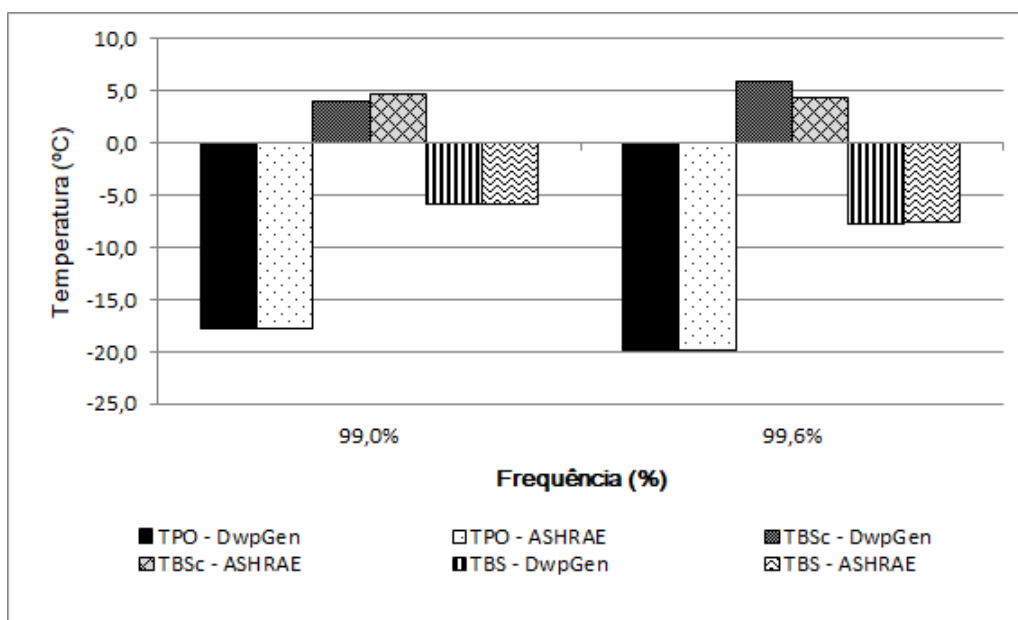


Figura 24 – Dados de projeto para dimensionamento de aquecimento e umidificação - Albuquerque.

A tabela 7 mostra, para cada nível de frequência, a diferença entre os valores de umidade absoluta (Δw) obtidos pelo DwpGen e pela Norma Americana.

Frequência	$ \Delta w $ Tampa	$ \Delta w $ Albuquerque
0,4%	0,1	0,0
1,0%	0,1	0,0
2,0%	0,1	0,0
99,0%	0,0	0,0
99,6%	0,0	0,0

Tabela 7 – Diferença entre a umidade absoluta (w) calculada pelo DwpGen e pela ASHRAE.

As diferenças encontradas entre a ASHRAE e o DwpGen também podem ser justificadas porque a Norma Americana, para localidades dos Estados Unidos, converte os valores em SI para unidades inglesas. Além disso os intervalos de classes utilizados são:

- 1°F para temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e ponto de orvalho.
- 2 mph para velocidade do vento.

A ASHRAE após o processamento converte os resultados para o SI.

A partir da análise dos resultados apresentados pelas figuras 19 a 24, pelas tabelas de 3 a 7, mostra-se que o DwpGen obteve resultados consistentes quando comparados aos fornecidos pela ASHRAE.

4.2 **Dados Climáticos de Projeto para Cidades Não-Listadas na NBR-16401-1**

Nesta seção serão apresentados os dados climáticos de projeto obtidos pelo DwpGen para cidades não listadas na NBR-16401-1. Os dados obtidos serão comparados com os fornecidos pela referida norma para cada cidade selecionada.

Neste trabalho 5 localidades brasileiras foram escolhidas por possuírem grandes empreendimentos comerciais e industriais, necessitando de dados de projeto mais confiáveis e realísticos para o dimensionamento de instalações AVAC. A tabela 8 apresenta as cidades de projeto e sua cidade listada correspondente (BERNARDES, 2019).

Cidades de Projeto				Cidades Listadas		
Cidade	Altitude (m)	Zona	Zona Comp.	Cidade	Altitude (m)	Zona
Canela/RS	830	1	-	Curitiba/PR	908	1
Teresópolis/RJ	980	2	3	Belo Horizonte/MG	785	3
Itiruçu/BA	756	5	6	Goiânia/GO	747	6
Montes Claros/MG	646	6	-	Campo Grande/MS	556	6
Ilhéus/BA	78	8	-	Natal/RN	52	8

Tabela 8 – Correlação entre as cidades de projeto e as listadas na Norma (BERNARDES, 2019)

As tabelas 9, 11, 13, 15 e 17 apresentam, respectivamente, os dados climáticos de projeto calculados pelo DwpGen para as cidades de Canela/RS, Teresópolis/RJ, Itiruçu/BA, Montes Claros/MG e Ilhéus/BA enquanto as tabelas 10, 12, 14, 16 e 18 apresentam os dados climáticos das respectivas cidades correspondentes: Curitiba/PR, Belo Horizonte/MG, Goiânia/GO, Campo Grande/MT e Natal/RN de acordo com a NBR 16401-1.

Rio Grande do Sul		Canela		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				22,9	-50,9	830	08-17	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	0,4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	29,1	21,0	21,5	17,9	24,7	2,1	299
9	2%	27,8	20,3	20,7	17	24	-	-
		26,7	20	20,3	16,6	23,6	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	2,9	-0,7	3,9	5	-	-	-
		1,6	-2,3	3,4	5,1	2,1	266	

Tabela 9 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Canela/RS

Paraná		Curitiba		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				25,52	-49,17	908	82-01	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	30,9	20,2	22,2	18,9	24,3	-	-
9,5	2%	29,8	20,2	21,7	18,3	23,9	-	-
		28,7	20,2	21,1	17,6	23,2	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	2,4		1,7	4,8	9,3	-	-
		4,8		-1,2	3,8	6,7	-	-

Tabela 10 – Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Curitiba/PR

Rio de Janeiro		Teresópolis		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,66	-45,59	980	06-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	29,0	20	21,2	17,9	24,7	1,2	45,0
8,6	2%	28,0	20,1	20,8	17,4	24,0	-	-
		27,0	20,2	20,2	16,8	23,1	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Mai	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	9,1		7,5	7,8	12	-	-
		7,9		6,3	7,2	12	1,9	56

Tabela 11 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Teresópolis/RJ

Minas Gerais		Belo Horizonte		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-19,85	-43,95	785	82-01	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	33,0	20,7	21,9	18,3	24,2	-	-
9,6	2%	32,0	20,7	21,2	17,5	23,6	-	-
		31,1	20,7	21,0	17,2	23,4	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	12,8		6,8	6,7	21,4	-	-
		11,5		4,9	5,9	22,8	-	-

Tabela 12 – Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Belo Horizonte/MG

Bahia		Itiruçu		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-16,43	-43,52	648	02-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Mar	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	31,3	20,0	21,1	17,0	23,8	-	-
11,2	2%	30,3	20,0	20,7	16,6	23,3	-	-
		29,4	20,0	20,4	16,3	23,0	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	14,2	11,7	9,2	22,5	-	-	
		13,7	10,8	8,7	24,0	-	-	

Tabela 13 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Itiruçu/BA

Goiás		Goiânia		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-16,63	-49,22	747	82-01	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Out	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	35,0	20,3	23,1	19,6	26,0	-	-
11,7	2%	34,0	20,7	22,9	19,3	25,7	-	-
		33,1	20,8	22,2	18,5	25,2	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	13,2	6,2	6,4	23,8	-	-	
		11,9	4,7	5,8	25,7	-	-	

Tabela 14 – Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Goiânia/GO

Minas Gerais		Montes Claros		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-16,43	-43,52	646	02-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Out	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	35,4	19,1	21,7	17,7	25,1	-	-
12,8	2%	34,3	19,2	21,1	17,0	24,3	-	-
		33,2	18,9	20,9	18,8	24,0	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	13,4	4,9	5,8	27,8	-	-	
		12,5	3,4	5,2	29,1	-	-	

Tabela 15 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Montes Claros/MG

Mato Grosso do Sul		Campo Grande		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-20,47	-54,67	556	82-01	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Nov	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		35,8	22,6	24,9	21,4	28,8	-	-
ΔT_{md}	1%	34,8	22,8	24,2	20,5	27,8	-	-
10,4	2%	33,9	23,0	24,0	20,2	27,5	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99.0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99.6%	10,5		4,4	5,5	15,6	-	-
		8,1		2,2	4,7	13,1	-	-

Tabela 16 – Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Campo Grande/MS

Bahia		Itiruçu		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-14,39	-39,09	78	03-18	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		30,9	24,0	24,5	19,7	27,0	-	-
ΔT_{md}	1%	30,1	24,0	24,1	19,2	26,6	-	-
6,5	2%	29,7	23,9	23,8	18,8	26,3	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jul	99.0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99.6%	16,8		15,6	17,0	19,5	-	-
		16,2		14,8	10,6	18,8	-	-

Tabela 17 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Ilhéus/BA

Rio Grande do Norte		Natal		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-5,92	-35,25	52	83-01	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		32,2	25,3	26,1	21,6	28,1	-	-
ΔT_{md}	1%	32,0	25,3	25,6	20,9	27,8	-	-
7	2%	31,6	25,1	25,1	20,4	27,5	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jul	99.0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99.6%	21,6		17,9	12,9	26,4	-	-
		21,0		15,8	11,3	27,2	-	-

Tabela 18 – Dados climáticos de projeto fornecidos pelo NBR-16401-1 para Natal/RN

As figuras 25, 26, 27, 28, 29 apresentam, respectivamente, para Canela e Curitiba, Teresópolis e Belo Horizonte, Itiruçu e Goiânia, Montes Claros e Campo Grande e Ilhéus e Natal, o perfil horário de TBS para o dia típico de projeto para a frequência de 1% para dimensionamento de sistemas de resfriamento e desumidificação.

A figura 25 mostra que o perfil de TBS horária de Canela está sempre abaixo do perfil de Curitiba, todavia a variação entre as TBS é de 2°C. Analisando os dados fornecidos pelas tabelas 9 e 10, verifica-se que a diferença entre a TBUc é de apenas 0,1°C.

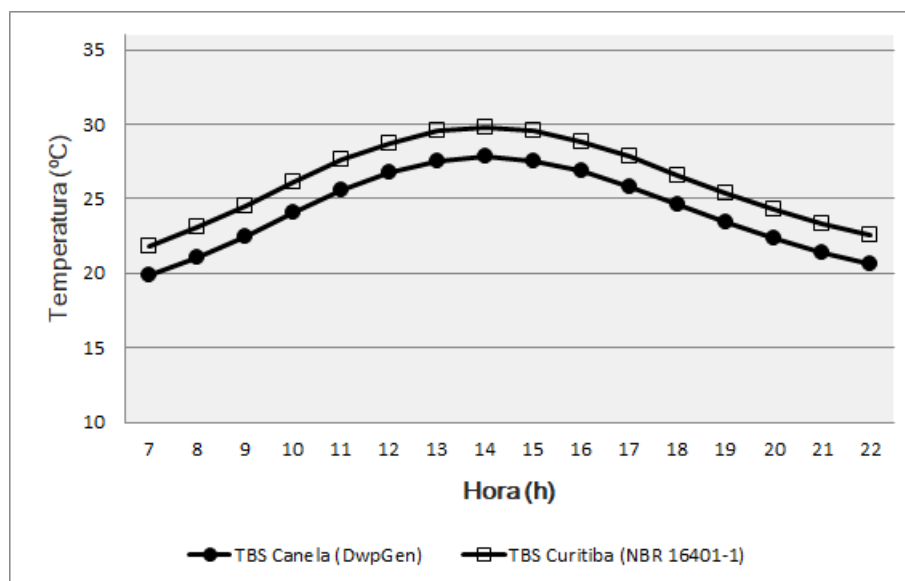


Figura 25 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Canela e Curitiba

Utilizando os dados gerados pelo DwpGen para Canela, verificou-se que no horário de pico a variação da carga térmica (CT) representa 7,1% do total da CT do DwpGen. Para este caso entende-se que é adequado a utilização dos dados de Curitiba para o dimensionamento de projetos de resfriamento e umidificação (BERNARDES, 2019).

A figura 26 mostra que o perfil de TBS horária de Teresópolis está sempre abaixo do perfil de Belo Horizonte. Neste caso concreto a variação entre TBS chega a 4°C no horário de pico e a variação da TBUc é de 0,6°C.

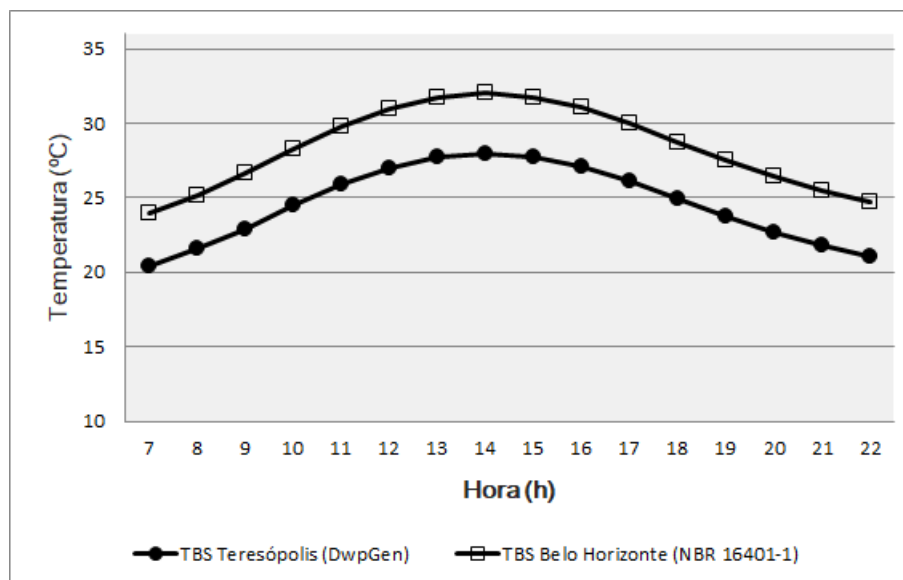


Figura 26 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Teresópolis e Belo Horizonte

Essas variações impactaram diretamente no cálculo da CT no horário de pico. A CT da Norma superou a do DwpGen em 12%. Essa diferença é bastante significativa e portanto não é recomendado utilizar os dados de Belo Horizonte para dimensionar sistemas AVAC em Teresópolis, pois poderá acarretar num superdimensionamento da instalação (BERNARDES, 2019).

O perfil de TBS de Itiruçu está sempre abaixo do de Goiânia, conforme indica a figura 27. A variação de TBS ultrapassa 3°C entre 12h e 20h e a variação da TBUC é de 0,8°C.

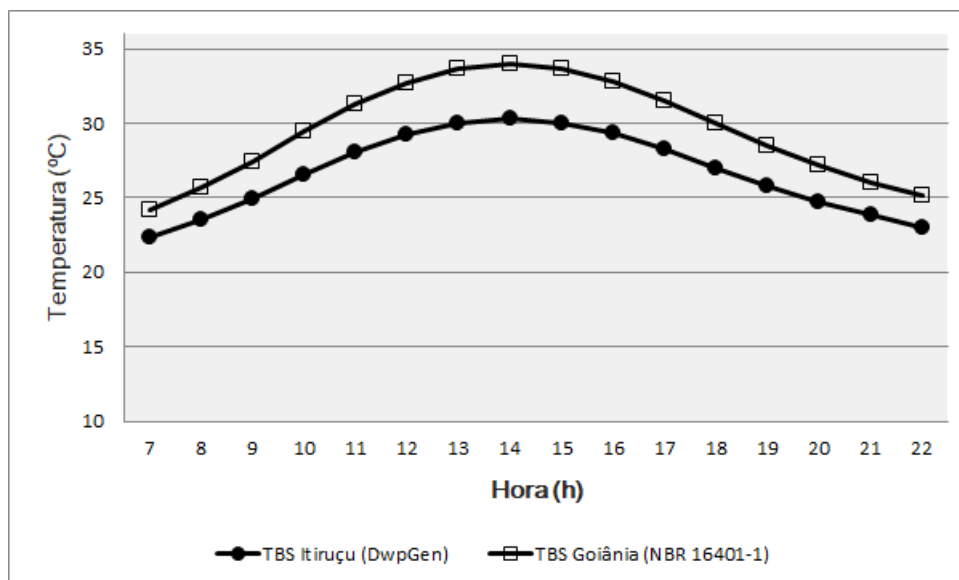


Figura 27 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Itiruçu e Goiânia

Em relação ao cálculo de carga térmica para Itiruçu, verificou-se que no horário de pico para o dia típico de projeto a CT da Norma é superior a curva de CT do DwpGen, com defasagem de 13%.

Essa diferença na CT surge da análise das médias mensais de temperatura: Goiânia é mais quente que Itiruçu, com diferença de temperatura considerável nos meses de inverno e boa aproximação para os meses de verão. Entende-se que os dados climáticos de Goiânia não representam a realidade de Itiruçu (BERNARDES, 2019).

O perfil de TBS de Montes Claros está sempre abaixo do de Campo Grande, conforme indica a figura 28. Durante o horário de pico os perfis se aproximam e a variação da TBS é de 0,7°C enquanto a variação da TBUC ultrapassa 3,0°C.

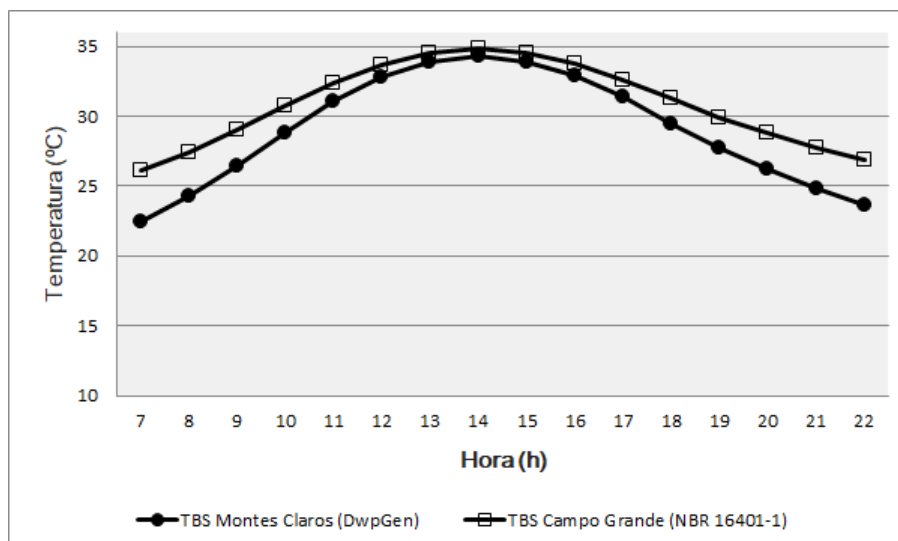


Figura 28 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Montes Claros e Campo Grande

A diferença entre a TBUC encontrada indica que Campo Grande é mais úmida que Montes Claros e verificou-se que no horário de pico a variação da CT representa 27,3% da CT do DwpGen. Entende-se que a utilização dos dados climáticos de Campo Grande gera superdimensionamento da instalação (BERNARDES, 2019).

O perfil de TBS de Ilhéus está sempre abaixo do de Natal, conforme indica a figura 29. As variações de TBS e TBUC são, respectivamente, 1,9°C e 1,5°C. Mesmo com perfis muito próximos, o cálculo da CT da Norma superou a CT do DwpGen em 12,5% no horário de pico e portanto não é recomendável a utilização dos dados de Natal para dimensionar uma instalação em Ilhéus.

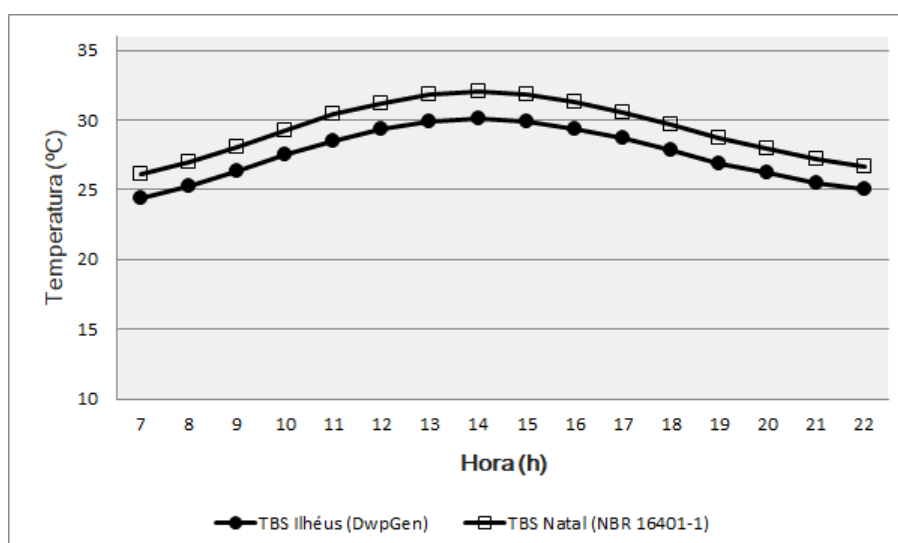


Figura 29 – Perfil horário de TBS para o dia típico de projeto: Ilhéus e Natal

As tabelas 19, 20, 21, 22 e 23 apresentam a variação (Δ) entre os dados de projeto recomendados pela norma e os calculados pelo DwpGen para dimensionamento de sistemas de aquecimento, baixa umidade e umidificação para Canela, Teresópolis, Itiruçu, Montes Claros e Ilhéus, respectivamente.

A partir da análise das tabelas é recomendado que a carga térmica para cada um dos tipos de projeto seja avaliada a fim de verificar se os dados recomendados pela Norma são adequados para dimensionar a instalação na cidade de projeto.

Frequência	Aquecimento	Baixa Umidade			Umidificação		
	Δ TBS	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc
0,4%	-	0,7	1,0	0,4	-	-	-
1,0%	-	1,0	1,3	0,1	-	-	-
2,0%	-	0,8	1,0	0,4	-	-	-
99,0%	0,5	-	-	-	2,4	0,9	4,3
99,6%	3,2	-	-	-	1,1	0,4	1,6

Tabela 19 – Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Canela x Curitiba

Frequência	Aquecimento	Baixa Umidade			Umidificação		
	Δ TBS	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc
0,4%	-	0,7	0,4	0,5	-	-	-
1,0%	-	0,4	0,1	0,4	-	-	-
2,0%	-	0,8	0,4	0,3	-	-	-
99,0%	3,7	-	-	-	0,7	1,1	9,5
99,6%	3,6	-	-	-	1,4	1,3	10,8

Tabela 20 – Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Teresópolis x Belo Horizonte

Frequência	Aquecimento	Baixa Umidade			Umidificação		
	Δ TBS	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc	Δ TPO	Δ w	Δ TBSc
0,4%	-	2,0	2,6	2,2	-	-	-
1,0%	-	2,2	2,7	2,4	-	-	-
2,0%	-	1,8	2,2	2,2	-	-	-
99,0%	1,0	-	-	-	5,5	2,8	1,3
99,6%	1,8	-	-	-	6,1	2,9	1,7

Tabela 21 – Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Itiruçu x Goiânia

Frequência	Aquecimento	Baixa Umidade			Umidificação		
	ΔTBS	ΔTPO	Δw	ΔTBS_c	ΔTPO	Δw	ΔTBS_c
0,4%	-	3,2	3,7	3,7	-	-	-
1,0%	-	3,1	3,5	3,5	-	-	-
2,0%	-	3,1	1,4	3,5	-	-	-
99,0%	2,9	-	-	-	0,5	0,3	12,2
99,6%	4,4	-	-	-	1,2	0,5	16

Tabela 22 – Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Montes Claros x Campo Grande

Frequência	Aquecimento	Baixa Umidade			Umidificação		
	ΔTBS	ΔTPO	Δw	ΔTBS_c	ΔTPO	Δw	ΔTBS_c
0,4%	-	1,6	1,9	1,1	-	-	-
1,0%	-	1,5	1,7	1,2	-	-	-
2,0%	-	1,3	1,6	1,2	-	-	-
99,0%	4,8	-	-	-	2,3	4,1	6,9
99,6%	4,8	-	-	-	1	0,7	8,4

Tabela 23 – Variação dos dados de projeto para dimensionamento de sistemas de baixa umidade, aquecimento e umidificação - Ilhéus x Natal

4.3 Dados Climáticos de Projeto para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Nesta seção serão apresentados os dados climáticos de projeto obtidos pelo DwpGen para sete estações meteorológicas instaladas na região metropolitana do Rio de Janeiro.

A subseção 4.3.1 tratará da análise dos dados de projeto para sistemas de resfriamento e desumidificação. Na seção 4.3.2 os dados de projeto fornecidos pela NBR 16401-1 e ASHRAE (2017) serão comparados com os obtidos pelo DwpGen para Santos Dumont e Galeão.

Os dados climáticos de projeto calculados pelo DwpGen para as estações meteorológicas localizadas na Base Aérea dos Afonsos, Aeroporto de Santa Cruz, Aeroporto Santos Dumont, Aeroporto do Galeão, Forte de Copacabana, Marambaia e Ecologia agrícola são apresentados, respectivamente, pelas tabelas 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30.

Rio de Janeiro		Base Aérea dos Afonsos		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,52	-43,23	26	03-13	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	37,0	24,3	24,9	20,1	29,2	1,7	190
11,9	2%	36,0	24,3	24,5	19,6	28,8	-	-
		34,7	24,3	23,8	18,8	28,3	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	12,9		11,0	8,2	20,0	-	-
		12,0		9,5	7,4	19,9	2,0	250,0

Tabela 24 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Base Aérea dos Afonsos/RJ

Rio de Janeiro		Base Aérea Santa Cruz		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,55	-43,43	3,0	03-13	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	35,5	24,2	25,0	20,2	29,4	4,1	40,0
10,7	2%	34,5	24,1	23,9	24,9	27,8	-	-
		32,9	23,9	23,6	18,5	27,4	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	13,9		10,8	8,1	20,6	-	-
		13,0		10,0	7,7	21,2	3,7	50,0

Tabela 25 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto de Santa Cruz/RJ

Rio de Janeiro		Santos Dumont		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,53	-43,1	3,0	03-13	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	34,0	25,5	25,3	20,6	28,8	3,1	160
5,6	2%	32,0	25,2	24,8	20,0	28,2	-	-
		30,9	24,8	24,4	19,5	27,8	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	16,3		11,6	8,5	17,3	-	-
		11,9		9,3	7,3	17,1	-	-

Tabela 26 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto Santos Dumont/RJ

Rio de Janeiro		Galeão		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,48	-43,15	4,0	03-13	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	36,0	24,0	24,6	19,7	28,7	2,3	250
10,3	2%	35,0	23,9	23,9	18,9	28,0	-	-
		33,7	24,0	23,7	18,6	27,8	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	15,6	12,0	8,8	21,8	-	-	
		15,0	10,0	7,7	22,1	3,0	320,0	

Tabela 27 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Aeroporto Galeão/RJ

Rio de Janeiro		Forte de Copacabana		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,59	-43,11	45	07-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	33,2	24,1	25,4	20,7	30,3	-	-
7,8	2%	31,8	24,7	24,7	19,9	29,4	-	-
		30,7	24,5	24,2	19,2	28,9	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	17,4	11,9	8,7	21,2	-	-	
		16,9	10,6	8,0	22,3	-	-	

Tabela 28 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para o Forte de Copacabana/RJ

Rio de Janeiro		Marambaia		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-23,03	-43,36	9,7	02-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	35,7	22,9	24,8	20,0	28,5	2,7	149
10,0	2%	34,0	23,3	24,3	19,3	27,7	-	-
		32,5	23,3	24,0	19,0	27,2	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	15,3	11,2	8,3	22,7	-	-	
		14,1	10,0	7,7	20,8	4,1	22,0	

Tabela 29 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Marambaia/RJ

Rio de Janeiro		Ecologia Agrícola		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,48	-43,41	34,0	00-16	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
		TBS	TBU _c	TPO	w	TBS _c	Velocidade	Direção
Fev	0,4%	36,5	24,2	25,1	20,3	29,6	-	-
ΔT_{md}	1%	35,2	24,6	24,9	20,0	29,2	-	-
12,2	2%	34,1	24,4	24,4	19,4	28,3	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidação			Condições de Vento - TBS	
		TBS		TPO	w	TBS _c	Velocidade	Direção
Jun	99,0%	14,2		11,6	8,	21,2	-	-
	99,6%	13,0		10,5	7,9	20,1	-	-

Tabela 30 – Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Ecologia Agrícola/RJ

4.3.1 Dados de Projeto Resfriamento e Desumidificação

Nesta seção os resultados obtidos neste trabalho serão analisados no que tange à carga de resfriamento e desumidificação.

A figura 30 apresenta, de forma decrescente, a TBU_c calculada pelo DwpGen para dimensionamento de sistemas de resfriamento e umidificação (frequência de 1%) para as estações localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro.

A maior TBS de projeto encontrada foi na estação da base aérea dos Afonsos (36,0 °C), seguida por Ecologia Agrícola (35,2), Galeão (35°C), Aeroporto de Santa Cruz (34,5 °C), Marambaia (34,0°C), Santos Dumont (32,0°C) e Forte de Copacabana (31,8).

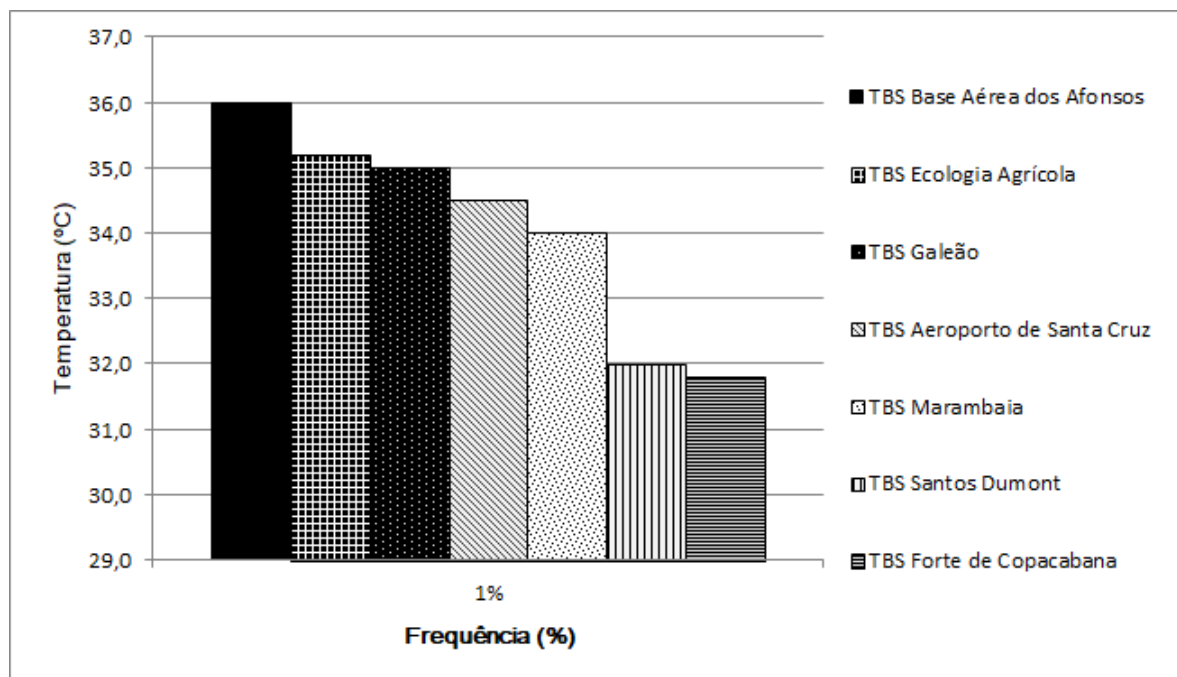


Figura 30 – TBS de projeto para frequência de 1% das Estações da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Para a cidade do Rio de Janeiro, a NBR 16401-1 disponibiliza dados de projeto apenas para Santos Dumont e Galeão. A tabela 31 apresenta a diferença entre a TBS ($|\Delta TBS|$) encontrada para as estações da região metropolitana e as fornecidas pela Norma para Galeão e Santos Dumont. A análise da tabela permite verificar diferenças elevadas de TBS, onde os maiores valores são entre Galeão-Forte de Copacabana ($4,4^{\circ}\text{C}$) e Santos Dumont-Base Aérea dos Afonsos ($3,3^{\circ}\text{C}$).

Estações da Região Metropolitana	$ \Delta TBS$ Galeão ($^{\circ}\text{C}$) NBR 16401-1	$ \Delta TBS$ Santos Dumont ($^{\circ}\text{C}$) NBR 16401-1
Forte de Copacabana	4,4	0,7
Marambaia	2,2	1,3
Ecologia Agrícola	1,0	2,5
Santa Cruz	1,7	1,8
Base Aérea dos Afonsos	0,2	3,3
Santos Dumont (DwpGen)	1,7	0,7
Galeão (DwpGen)	1,2	2,3

Tabela 31 – Diferença entre a TBS das estações localizadas na região metropolitana e nas estações do Aeroporto Santos Dumont e Galeão.

Os valores calculados para TBUc (frequência de 1%) são apresentados pela figura 31, em ordem decrescente. A maior Temperatura encontrada foi para a estação do Santos Dumont ($25,2^{\circ}\text{C}$), seguida pelo Forte de Copacabana ($24,7^{\circ}\text{C}$), Ecologia Agrícola ($24,6^{\circ}\text{C}$), Base Aérea dos Afonsos ($24,3^{\circ}\text{C}$), Aeroporto de Santa Cruz

(24,1°C), Galeão (23,9°C) e Marambaia (23,3°C).

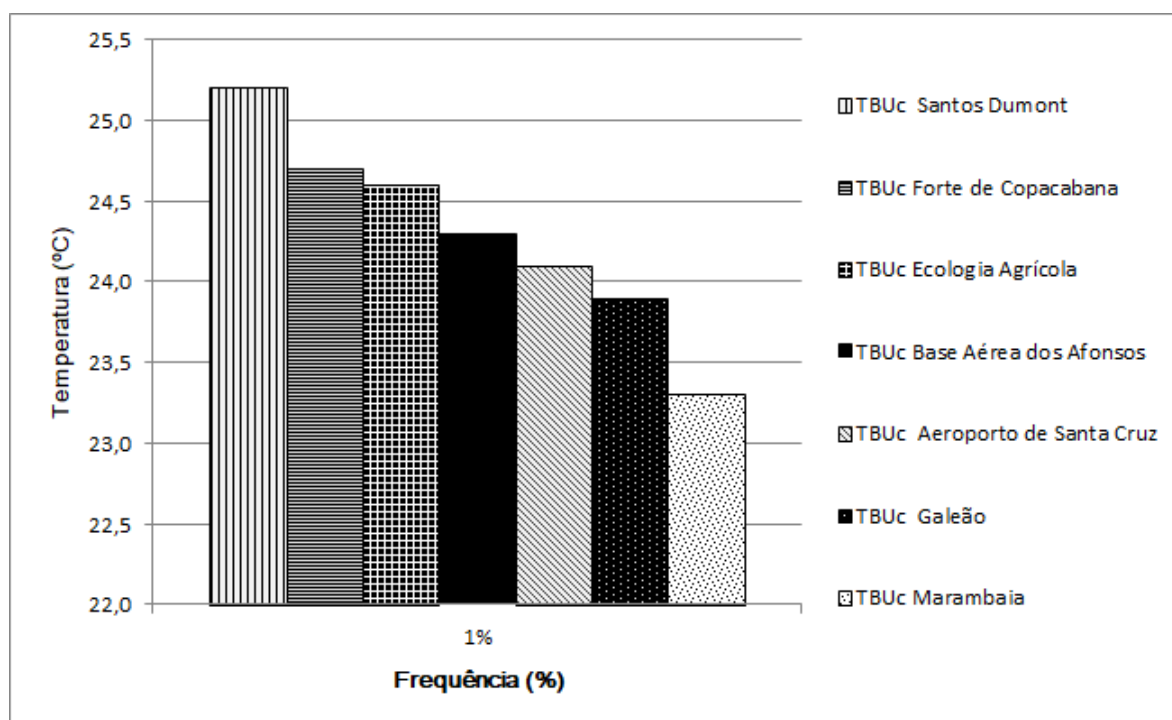


Figura 31 – TBUC de projeto para frequência de 1% das Estações da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

A diferença entre a TBUC ($|\Delta\text{TBUC}|$) encontrada para as estações da região metropolitana e as localizadas do Galeão e Santos Dumont são apresentadas na tabela 32. Pode-se verificar que as maiores diferenças estão entre Galeão-Marambaia (2,0°C) e Santos Dumont-Marambaia (1,7°C).

Estações da Região Metropolitana	$ \Delta\text{TBUC Galeão (°C)} $ NBR 16401-1	$ \Delta\text{TBUC Santos Dumont (°C)} $ NBR 16401-1
Forte de Copacabana	0,6	0,3
Marambaia	2,0	1,7
Ecologia Agrícola	0,4	0,7
Santa Cruz	1,2	0,9
Base Aérea dos Afonsos	1,0	0,7
Santos Dumont (DwpGen)	0,1	0,2
Galeão (DwpGen)	1,4	1,1

Tabela 32 – Diferença entre a TBUC das estações localizadas na região metropolitana e as estações dos Aeroportos Galeão e Santos Dumont.

A carga térmica calculada para as estações da região metropolitana é apresentada na tabela 33. O Aeroporto Santos Dumont e Galeão não estão listados, pois os valores de TBS e TBUC utilizados no cálculo da CT não são os mesmos calculados neste trabalho. A análise da tabela permite concluir que a variação da CT entre a Base

Aérea dos Afonsos e Marambaia ultrapassa 10%. Em relação às estações do Forte de Copacabana e Santa Cruz, a variação em relação à Afonsos não ultrapassa 3% enquanto para Ecologia Agrícola, a variação é inferior à 1%.

Estação	Carga Térmica (kW)
Base Aérea dos Afonsos	91,0
Ecologia Agrícola	90,8
Forte de Copacabana	89,2
Santa Cruz	88,9
Marambaia	82,5

Tabela 33 – Carga Térmica calculada para as estações da região metropolitana (MONTEIRO, 2017)

Os resultados obtidos nesta seção mostram que o projetista deve avaliar se os dados da estação meteorológica de projeto representa de fato a realidade do local do projeto.

4.3.2 Comparação entre os Dados de Projeto da NBR 16401-1, ASHRAE (2017) e DwpGen para Galeão e Santos Dumont

A NBR 16401-1, publicada no ano de 2008, fornece os parâmetros de projeto a serem utilizados em projetos de climatização, onde a série temporal avaliada é entre 1982 e 2001. No ano de 2017 a ASHRAE publicou uma revisão dos dados climáticos de projeto em seu manual onde a série temporal avaliada está entre 1990 e 2014. As tabelas 34, 35, 36 e 37 apresentam, respectivamente, os dados fornecidos pela NBR 16401-1 e pela ASHRAE(2017) para Santos Dumont e Galeão.

Rio de Janeiro		Santos Dumont		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,9	-43,17	3,0	82-01	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0,4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	34,0	25,2	25,3	20,4	29,1	-	-
6,1	2%	32,7	25,0	25,0	20,1	28,9	-	-
		31,8	24,9	24,6	19,6	28,4	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	17,0		12,9	9,3	19,5	-	-
		16,1		11,8	8,6	19,5	-	-

Tabela 34 – Dados climáticos de projeto NBR 16401-1 para Santos Dumont/RJ (ABNT, 2008).

Rio de Janeiro		Santos Dumont		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,9	-43,16	3,0	90-14	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		34,1	25,1	25,2	20,4	28,9	3,8	30
ΔT_{md}	1%	32,8	24,9	25,0	20,1	28,7	-	-
6,5	2%	31,8	24,8	24,2	19,2	27,9	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		17,1		13,0	9,3	19,9	-	-
	99,6%	16,2		11,9	8,7	19,8	2,6	320

Tabela 35 – Dados climáticos de projeto ASHRAE (2017) para Santos Dumont/RJ (ASHRAE, 2017).

Rio de Janeiro		Galeão		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,82	-43,25	6,0	82-01	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		38,1	25,6	27,1	22,9	30,1	-	-
ΔT_{md}	1%	36,2	25,3	26,2	21,7	29,3	-	-
10,3	2%	35,0	25,2	26,0	21,4	29,1	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		15,8		11,2	8,3	22,5	-	-
	99,6%	14,8		9,9	7,6	23,2	-	-

Tabela 36 – Dados climáticos de projeto NBR 16401-1 para Galeão/RJ (ABNT, 2008).

Rio de Janeiro		Galeão		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,82	-43,25	6,0	90-14	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		36,9	25,0	27,0	22,8	30,0	3,8	150,0
ΔT_{md}	1%	35,2	24,8	26,2	21,6	29,2	-	-
9	2%	34,1	24,8	26,0	21,3	29,0	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		15,9		11,8	8,6	22,1	-	-
	99,6%	14,9		10,0	7,6	23,5	1,3	350,0

Tabela 37 – Dados climáticos de projeto ASHRAE (2017) para Galeão/RJ (ASHRAE, 2017).

As diferenças (Δ) entre os valores fornecidos pela ASHRAE (2017), NBR 16401-1 e o DwpGen são apresentadas nas tabelas 38 e 39 para Santos Dumont e Galeão, respectivamente.

Para o Santos Dumont, as maiores variações entre os parâmetros de projeto para aquecimento (frequência de 99,6), onde a variação da TBS ultrapassou 4°C em relação ao DwpGen. Para Umidificação a TBS alcançou valores superiores a 2°C. Para TBUC a variação não ultrapassou 1°C. Em relação a umidade absoluta a variação ultrapassou 1,5 gH₂O/kgAr.

Freq. Anual	NBR 16401-1		ASHRAE (2017)		NBR 16401-1		ASHRAE (2017)			
	Resfriamento e Desumidificação				Baixa Umidade					
	\Delta TBS	\Delta TBUC	\Delta TBS	\Delta TBUC	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS
0,4%	0,0	0,3	0,1	0,4	0,0	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1
1%	0,7	0,2	0,8	0,3	0,2	0,1	0,7	0,2	0,1	0,5
2%	0,9	0,1	0,9	0,0	0,2	0,1	0,6	0,2	0,3	0,1
Freq. Anual	Aquecimento				Umidificação					
	\Delta TBS		\Delta TBS		\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS
	0,7		0,8		1,3	0,8	2,2	1,4	0,8	2,6
99,6%	4,2		4,3		2,5	1,3	2,4	2,6	1,4	2,6

Tabela 38 – Diferença entre os parâmetros de projeto da ASHRAE (2017), NBR 16401-1 e DwpGen - Santos Dumont.

Para o Aeroporto do Galeão as mudanças foram mais significativas. Para o dimensionamento de sistemas de resfriamento e desumidificação, a variação da TBS é de 2,1 °C na frequência de 0,4% e para 1% e 2% ultrapassa 1°C.

Em relação a variação da TBUC, observa-se mais de 1,0°C de diferença entre os valores fornecidos pelas normas e o DwpGen.

As variações da TPO para projetos de baixa umidade também apresentaram variação superior a 2,0°C. A diferença entre a TBS foi superior a 1,0°C. Em relação a umidade absoluta foi superior a 2,5 gH₂O/kgAr.

Freq. Anual	NBR 16401-1		ASHRAE (2017)		NBR 16401-1		ASHRAE (2017)			
	Resfriamento e Desumidificação				Baixa Umidade					
	\Delta TBS	\Delta TBUC	\Delta TBS	\Delta TBUC	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS
0,4%	2,1	1,6	0,9	1,0	2,5	3,2	1,4	2,4	3,1	1,3
1%	1,2	1,4	0,2	0,9	2,3	2,8	1,3	2,3	2,7	1,2
2%	1,3	1,2	0,4	0,8	2,3	2,8	1,3	2,3	2,7	1,2
Freq. Anual	Aquecimento				Umidificação					
	\Delta TBS		\Delta TBS		\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS	\Delta TPO	\Delta w	\Delta TBS
	0,2		0,3		0,8	0,5	0,7	0,2	0,2	0,3
99,6%	0,2		0,1		0,1	0,1	1,1	0	0,1	1,4

Tabela 39 – Diferença entre os parâmetros de projeto da ASHRAE (2017), NBR 16401-1 e DwpGen - Galeão.

Outro aspecto importante é que a NBR não disponibiliza as condições de vento para as frequências de 0,4% e 99,6%. A ASHRAE (2017) fornece tais parâmetros e que foram comparados com os dados calculados pelo DwpGen. As tabelas 40 e 41

apresentam, respectivamente, para Santos Dumont e Galeão mudanças significativas nas condições de vento.

No Galeão, para a frequência de 0,4%, a direção do vento era 150°, de acordo com a ASHRAE (2017), e mudou para 250°. Essa mudança na direção pode justificar o resfriamento, pois a direção de 150° sopra do continente ao norte para o Galeão, e o vento a 250°C sopra da baixada litorânea atravessando a Baía de Guanabara até alcançar o Galeão, causando resfriamento evaporativo.

Freq. Anual	Direção ASHRAE (°)	Direção DwpGen (°)	Velocidade ASHRAE (m/s)	Velocidade DwpGen (m/s)
0,4%	30	160	3,8	3,1
99,6%	320	-	2,6	-

Tabela 40 – Comparação entre as condições de vento ASHRAE e DwpGen - Santos Dumont

Freq. Anual	Direção ASHRAE (°)	Direção DwpGen (°)	Velocidade ASHRAE (m/s)	Velocidade DwpGen (m/s)
0,4%	150	250	3,8	2,3
99,6%	350	320	1,3	3,0

Tabela 41 – Comparação entre as condições de vento ASHRAE e DwpGen - Galeão

Neste sentido, é fortemente recomendado que estudos sejam realizados a fim de verificar se houve, de fato, mudanças no comportamento das correntes atmosféricas bem como as possíveis consequências para as duas estações avaliadas.

Além disso, o resfriamento observado pelo DwpGen na estação do Galeão, período de 2003 a 2010, foi confirmado pelo observado pela ASHRAE entre 1990 e 2014 quando comparados com os dados fornecidos pela NBR 16401-1 entre 1984 e 2001.

Em relação à média da amplitude térmica diária (ΔT_{md}), importante parâmetro para o cálculo do dia típico de projeto, foi observado para Santos Dumont uma tendência decrescente. Enquanto para Galeão, o DwpGen apresentou valor superior aos fornecidos pela ASHRAE (2017) e NBR 16401-1.

Estação	ΔT_{md} ASHRAE	ΔT_{md} NBR 16401-1	ΔT_{md} DwpGen
Santos Dumont	6,5	6,1	5,6
Galeão	9,8	9,0	10,3

Tabela 42 – Amplitude Térmica Diária ΔT_{md} fornecidos pela ASHRAE, NBR16401-1 e DwpGen.

A série utilizada pela ASHRAE (2017) e pelo DwpGen em ambos os casos é mais recente e tende a refletir melhor o ritmo das mudanças climáticas e portanto é recomendado que a Norma faça uma revisão dos parâmetros climáticos de projeto a fim evitar o super ou subdimensionamento das instalações.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que o DwpGen mostrou-se como uma ferramenta capaz de gerar dados climáticos de projeto para qualquer cidade do mundo, desde que os dados meteorológicos sejam fornecidos nos padrões utilizados pelo INMET e pelo NCEI.

Os dados de projeto fornecidos pela ASHRAE permitiram a validação do DwpGen e os resultados mostraram-se satisfatórios. Melhores resultados poderão ser obtidos se a série temporal avaliada for mais próxima à utilizada pela norma norte-americana.

A ferramenta desenvolvida pode ser utilizada para apreciar séries temporais distintas para a mesma localidade e avaliar as diferenças encontradas nos dados climáticos de projeto, podendo correlacioná-las ao aquecimento global, ilhas de calor ou as mudanças na ocupação do espaço geográfico.

Além disso, o sistema permite que o especialista avalie se os dados climáticos de uma estação meteorológica representam de fato o local da construção.

Para os resultados obtidos neste trabalho, a norma NBR 16401-1 mostrou-se conservadora em todos os casos relacionados à projetos de resfriamento e umidificação descritos na seção 4.2. Com a crescente preocupação com a eficiência energética e com a redução dos custos de operação e manutenção das edificações, o DwpGen mostra-se uma ferramenta prática para projetistas fornecendo dados de projeto mais confiáveis possibilitando a utilização de menores fatores de segurança.

Para a região metropolitana do Rio de Janeiro os cálculos para CT de resfriamento indicam que ao utilizar os dados climáticos fornecidos pela da Norma é possível que a instalação não alcance o dimensionamento adequado.

Os dados calculados tanto pela ASHRAE (2017) quanto pelo DwpGen, utilizando uma série temporal mais recente, indicam que novos parâmetros climáticos de projeto devem ser adotados para as localidades Santos Dumont e Galeão, uma vez que os dados da Norma podem acarretar o superdimensionamento da instalação.

Para todas as cidades analisadas recomenda-se fortemente utilizar os dados gerados para calcular a carga térmica de instalações de AVAC e a realizar simulações de cálculo de carga térmica e comparar os resultados obtidos a fim de evitar o super ou subdimensionamento do sistema.

Neste contexto, entende-se que a Norma deveria expandir a lista de cidades, uma vez que há uma grande variedade de zonas bioclimáticas em diferentes altitudes, sendo este um parâmetro que influencia diretamente na temperatura e consequentemente nos cálculos de carga térmica.

Em relação às condições de vento, a transposição dos valores de velocidade do vento coletados nos aeroportos para o local da construção devem ser analisadas pelo projetista considerando o relevo urbano e a possibilidade da existência de ilhas de calor.

Portanto, recomenda-se o uso de simulações de Mecânica dos Fluidos Computacional (CFD) aliadas a modelos de mesoescala para melhor representação do clima do local de projeto e os coeficientes de filme externos devem ser calculados de acordo com o capítulo *Heat Transfer* da ASHRAE, onde constam as fórmulas para o cálculo, que usam correlações oriundas das soluções clássicas para escoamento externo sobre placa plana para o cálculo do coeficiente de filme médio, considerando os regimes só laminar, só turbulento ou ambos em sequência.

No presente estudo estações dentro da mesma região e cidades pertencentes à zonas bioclimáticas diferentes foram utilizadas para avaliar as diferenças entre os dados climáticos da cidade de projeto e os obtidos a partir da metodologia recomendada pela NBR 16401-1. Considerando a importância de se obter dados mais precisos, sugere-se que trabalhos futuros:

- Utilizem esta ferramenta para ampliar a lista de dados climáticos de projeto para instalações AVAC para diferentes cidades e estações meteorológicas.
- Realizem o cálculo de carga térmica para projetos de Aquecimento, umidificação e baixa umidade utilizando os dados gerados pelo DwpGen.
- Ampliem a funcionalidade de importação para que o projetista possa inserir dados de sensoriamento remoto a fim de informar a existência de uma ilha de calor na localidade avaliada.
- Ampliem a funcionalidade de importação dos dados meteorológicos, permitindo que o projetista possa configurar e importar um padrão de arquivo diferente dos fornecidos pelo INMET e NCEI.
- Possibilitem calcular a Velocidade do vento correspondente às frequências cumulativas de ocorrência de 0,4% e 1,0% para o mês mais quente para projetos de resfriamento e umidificação ou para o mês mais frio para projetos de aquecimento e a TBS coincidente média.
- Ampliem a funcionalidade de geração de dados climáticos de projeto adotando metodologias de processamento diferentes do proposto pela AHSRAE.
- Gerem o ano meteorológico típico para fornecer ao projetista dados mais precisos para analisar o desempenho energético da instalação de AVAC.

- Utilizem os dados das condições de vento para calcular os coeficientes de filme externos e realizar simulações do perfil de vento para a localidade utilizando modelos de mesoescala.

Por fim, a utilização de dados climáticos de projeto, considerando diferentes metodologias, podem ser utilizados em simulações de desempenho energético e cálculo de carga térmica a fim de avaliar os custos de aquisição, instalação e operação dos sistemas AVAC.

REFERÊNCIAS

ABNT, A. B. de N. T. *NBR 16401-1 Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 1: Projeto das Instalações*. 2008.

ALVES, R. C.; BERNARDES, T.; FILHO, M. C. Web system for weather data processing to hvac design. In: *Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering*. [S.l.: s.n.], 2018.

ANEEL, A. N. de E. E. *Parte 1, Consumo de Energia no Brasil e no Mundo*. 2018. [Http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf).

ASHRAE. *2013 ASHRAE Handbook Fundamentals*. United States Of America: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013.

ASHRAE. *PSYCHROMETRICS*. United States Of America: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013.

ASHRAE. *ASHRAE CLIMATIC DESIGN CONDITIONS*. 2017. <<http://ashrae-meteo.info>>.

BERNARDES, T. L. da P. *Estudo da carga térmica de edifícios localizados em cidades não listadas pela norma NBR 16401*. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2019.

BULUT, H.; BÜYÜKALACA, O.; YILMAZ, T. New outdoor cooling design data for turkey. *Energy*, v. 27, p. 923–946, October 2002.

BUSCHMANN, F.; HENNEY, K.; SCHMIDT, D. *Pattern Oriented Software Architecture: On Patterns and Pattern Languages (Wiley Software Patterns Series)*. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007. ISBN 0471486485.

CHEN, P. P.-S. The entity-relationship model - toward a unified view of data. *ACM Trans. Database Syst.*, ACM, New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 9–36, march 1976. ISSN 0362-5915.

COLLIVER, D. et al. Final report for updating the tables of design weather conditions in the ashrae handbook-fundamentals 890-rp. In: *Conference Proceeding by ASHRAE, 2000*. [S.l.: s.n.], 1998.

DANFOS. *Eficiência energética em sistemas HVAC: diferencial ou sobrevivência?* 2017. [Www.danfoss.com.br/hvac](http://www.danfoss.com.br/hvac).

DELBIN, S. et al. Energy efficiency simulation of buildings in brazil: proposal of methodology for insertion in design practice. *The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005 (SB05Tokyo)*, v. 1, n. 135, p. 942–947, 2005.

EIA, U. E. I. A. *EIA projects 282017*. [Https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=32912](https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=32912).

EPE, E. de P. E. *Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2017-2026)*. 2017. <[http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf)>.

EPE, E. de P. E. *Caderno de Demanda de Eletricidade*. 2018. <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-295/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Eletricidade.pdf>>.

EPE, E. de P. E. *World Energy Outlook 2018 - Perspectivas energéticas globais a longo prazo*. 2019. <[http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/12%20Abril%20_%20EPE%20WEO%20launch_Clean%20\(002\).pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/12%20Abril%20_%20EPE%20WEO%20launch_Clean%20(002).pdf)>.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*. Brasil: Eletrobrás, 1998.

GUEDES, G. T. A. *UML 2. Uma abordagem prática*. Brasil: NOVATEC, 2009. ISBN 97875221495.

HEUSER, C. A. *Projeto de Banco de Dados*. Brasil: SAGRA, 1998.

IEA, I. E. A. *Brazil is the ninth-largest liquid producer in the world and the third-largest producer in the Americas*. 2015. <https://www.eia.gov/beta/international/analysis.php?iso=BRA>.

IEA, I. E. A. *Energy Access Outlook 2017*. 2017. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf>.

IEA, I. E. A. *World Energy Outlook 2017*. 2018. <https://www.iea.org/weo2017/>.

IEA, I. E. A. *Electricity Statistics Detailed, comprehensive annual data on electricity and heat*. 2019. <https://www.iea.org/statistics/electricity/>.

KIM, M. et al. *Evaluation of the Object-Relational DBMS PostgreSQL. I. Administrative Data*. 1994. <https://pdfs.semanticscholar.org/53b4/401fc4bc0b36fe1a35ed8f3057c8fcb6a973.pdf>.

KRASNER, G. E. et al. A description of the model-view-controller user interface paradigm in the smalltalk-80 system. *J Object-Orient. Prog.*, v. 1(3), 01 2000.

KRASNER, K. et al. A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in smalltalk-80. *J. Object Oriented Program.*, SIGS Publications, Denville, NJ, USA, v. 1, n. 3, p. 26–49, aug 1988. ISSN 0896-8438.

LAM, J. C. et al. Outdoor design conditions for hvac system design and energy estimation for buildings in hong kong. *Energy and Buildings*, v. 22, n. 1, p. 25 – 43, 1995. ISSN 0378-7788.

LAURENTIUS, E. et al. Developing hvac design conditions for australian locations with hourly meteorological data. *AIRAH The Future of HVAC conference, Melbourne 2013*, July 2013.

- LITT, G.; THOMPSON, S.; WHITTAKER, J. *Improving Performance of Schemaless Document Storage in PostgreSQL using BSON*. 2013. <https://www.geoffreyritt.com/resources/Postgres-BSON.pdf>.
- MONTEIRO, M. F. M. *Avaliação da Influência do Microclima Urbano em Projeto de Climatização no Município do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2017.
- NBR15220-3, A. B. de N. T. *NBR 15220-3 Instalações de ar condicionado - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. 2003.
- NCEI, N. C. for E. I. *About the National Centers for Environmental Information*. 2019. <https://www.ncei.noaa.gov/about>.
- OECD, O. for Economic Co-operation . D. *Fossil Fuel Support Country Note*. 2015. [Www.oecd.org/site/tadffss/data/](http://www.oecd.org/site/tadffss/data/).
- ORTÍZ, V.; PIERRE, M.; LEÓN, A. R. Características no relacionales de postgresql: incremento del rendimiento en el uso de datos json. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, scielocu, v. 10, p. 70 – 81, 2016. ISSN 2227-1899.
- PETKOVIĆ, D. Json integration in relational database systems. *International Journal of Computer Applications*, v. 168, n. 5, 06 2017.
- PETKOVIĆ, D. Sql/json standard: Properties and deficiencies. *Datenbank-Spektrum*, v. 17, n. 3, p. 277–287, Nov 2017. ISSN 1610-1995.
- RITCHIE, H.; ROSER, M. Energy production and changing energy sources. *Our World in Data*, 2019. <<https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources>>.
- SHAHIN, M.; LIANG, P.; KHAYYAMBASHI, M. R. Architectural design decision: Existing models and tools. In: *2009 Joint Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture European Conference on Software Architecture*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 293–296.
- SILVA, J. C. L. da. *Um Estudo de Avaliação e Documentação de Arquiteturas de Software na Indústria*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil, 2016.
- SZOKOLAY, S. Climatic data and its use in design. In: *Passive and Low Energy Alternatives I*. [S.l.]: Pergamon, 1982. p. 1–8 – 1–27. ISBN 978-0-08-029405-6.
- THEVENARD, D. et al. The calculation of climatic design conditions in the 2005 ashrae handbook–fundamentals. *ASHRAE Transactions*, v. 111, n. 1, p. 457 – 466, 2005. ISSN 00012505.
- VERBAI, Z.; KOCSIS, I.; KALMÁR, F. Outdoor dry bulb heating design temperatures for hungary. *Energy*, v. 93, p. 1404 – 1412, 2015. ISSN 0360-5442.
- VIEIRA, F. D. et al. Bdgf: um sistema web para recuperação de informação de genótipos e fenótipos. 2011.

ZHANG, H. et al. Development of the design climatic data for the 1997 ashrae handbook – fundamentals. *ASHRAE Winter Meeting*, July 2000.

ANEXO A – PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DO AR ÚMIDO

Table 2 Thermodynamic Properties of Moist Air at Standard Atmospheric Pressure, 101.325 kPa

Temp., °C <i>t</i>	Humidity Ratio <i>W_s</i> , kg _w /kg _{da}	Specific Volume, m ³ /kg _{da}			Specific Enthalpy, kJ/kg _{da}			Specific Entropy, kJ/(kg _{da} ·K)		Temp., °C <i>t</i>
		<i>v_{da}</i>	<i>v_{as}</i>	<i>v_s</i>	<i>h_{da}</i>	<i>h_{as}</i>	<i>h_s</i>	<i>s_{da}</i>	<i>s_s</i>	
-60	0.0000067	0.6027	0.0000	0.6027	-60.341	0.016	-60.325	-0.2494	-0.2494	-60
-59	0.0000076	0.6055	0.0000	0.6055	-59.335	0.018	-59.317	-0.2447	-0.2446	-59
-58	0.0000087	0.6084	0.0000	0.6084	-58.329	0.021	-58.308	-0.2400	-0.2399	-58
-57	0.0000100	0.6112	0.0000	0.6112	-57.323	0.024	-57.299	-0.2354	-0.2353	-57
-56	0.0000114	0.6141	0.0000	0.6141	-56.317	0.027	-56.289	-0.2307	-0.2306	-56
-55	0.0000129	0.6169	0.0000	0.6169	-55.311	0.031	-55.280	-0.2261	-0.2260	-55
-54	0.0000147	0.6198	0.0000	0.6198	-54.305	0.035	-54.269	-0.2215	-0.2213	-54
-53	0.0000167	0.6226	0.0000	0.6226	-53.299	0.040	-53.258	-0.2169	-0.2167	-53
-52	0.0000190	0.6255	0.0000	0.6255	-52.293	0.046	-52.247	-0.2124	-0.2121	-52
-51	0.0000215	0.6283	0.0000	0.6283	-51.287	0.052	-51.235	-0.2078	-0.2076	-51
-50	0.0000243	0.6312	0.0000	0.6312	-50.281	0.059	-50.222	-0.2033	-0.2030	-50
-49	0.0000275	0.6340	0.0000	0.6340	-49.275	0.066	-49.209	-0.1988	-0.1985	-49
-48	0.0000311	0.6369	0.0000	0.6369	-48.269	0.075	-48.194	-0.1943	-0.1940	-48
-47	0.0000350	0.6397	0.0000	0.6397	-47.263	0.085	-47.179	-0.1899	-0.1895	-47
-46	0.0000395	0.6425	0.0000	0.6426	-46.257	0.095	-46.162	-0.1854	-0.1850	-46
-45	0.0000445	0.6454	0.0000	0.6454	-45.252	0.107	-45.144	-0.1810	-0.1805	-45
-44	0.0000500	0.6482	0.0001	0.6483	-44.246	0.121	-44.125	-0.1766	-0.1761	-44
-43	0.0000562	0.6511	0.0001	0.6511	-43.240	0.136	-43.104	-0.1722	-0.1716	-43
-42	0.0000631	0.6539	0.0001	0.6540	-42.234	0.153	-42.081	-0.1679	-0.1672	-42
-41	0.0000708	0.6568	0.0001	0.6568	-41.229	0.172	-41.057	-0.1635	-0.1628	-41
-40	0.0000793	0.6596	0.0001	0.6597	-40.223	0.192	-40.031	-0.1592	-0.1583	-40
-39	0.0000887	0.6625	0.0001	0.6626	-39.217	0.215	-39.002	-0.1549	-0.1539	-39
-38	0.0000992	0.6653	0.0001	0.6654	-38.212	0.241	-37.970	-0.1506	-0.1495	-38
-37	0.0001108	0.6682	0.0001	0.6683	-37.206	0.269	-36.936	-0.1464	-0.1451	-37
-36	0.0001237	0.6710	0.0001	0.6711	-36.200	0.301	-35.899	-0.1421	-0.1408	-36
-35	0.0001379	0.6738	0.0001	0.6740	-35.195	0.336	-34.859	-0.1379	-0.1364	-35
-34	0.0001536	0.6767	0.0002	0.6769	-34.189	0.374	-33.815	-0.1337	-0.1320	-34
-33	0.0001710	0.6795	0.0002	0.6797	-33.183	0.417	-32.766	-0.1295	-0.1276	-33
-32	0.0001902	0.6824	0.0002	0.6826	-32.178	0.464	-31.714	-0.1253	-0.1232	-32
-31	0.0002113	0.6852	0.0002	0.6855	-31.172	0.516	-30.656	-0.1211	-0.1189	-31
-30	0.0002345	0.6881	0.0003	0.6883	-30.167	0.573	-29.593	-0.1170	-0.1145	-30
-29	0.0002602	0.6909	0.0003	0.6912	-29.161	0.636	-28.525	-0.1129	-0.1101	-29
-28	0.0002883	0.6938	0.0003	0.6941	-28.156	0.706	-27.450	-0.1088	-0.1057	-28
-27	0.0003193	0.6966	0.0004	0.6970	-27.150	0.782	-26.368	-0.1047	-0.1013	-27
-26	0.0003532	0.6994	0.0004	0.6998	-26.144	0.866	-25.278	-0.1006	-0.0969	-26
-25	0.0003905	0.7023	0.0004	0.7027	-25.139	0.958	-24.181	-0.0965	-0.0924	-25
-24	0.0004314	0.7051	0.0005	0.7056	-24.133	1.059	-23.074	-0.0925	-0.0880	-24
-23	0.0004761	0.7080	0.0005	0.7085	-23.128	1.170	-21.958	-0.0884	-0.0835	-23
-22	0.0005251	0.7108	0.0006	0.7114	-22.122	1.291	-20.831	-0.0844	-0.0790	-22
-21	0.0005787	0.7137	0.0007	0.7143	-21.117	1.424	-19.693	-0.0804	-0.0745	-21
-20	0.0006373	0.7165	0.0007	0.7172	-20.111	1.570	-18.542	-0.0765	-0.0699	-20
-19	0.0007013	0.7193	0.0008	0.7201	-19.106	1.728	-17.377	-0.0725	-0.0653	-19
-18	0.0007711	0.7222	0.0009	0.7231	-18.100	1.902	-16.198	-0.0685	-0.0607	-18
-17	0.0008473	0.7250	0.0010	0.7260	-17.095	2.091	-15.003	-0.0646	-0.0560	-17
-16	0.0009303	0.7279	0.0011	0.7290	-16.089	2.298	-13.791	-0.0607	-0.0513	-16
-15	0.0010207	0.7307	0.0012	0.7319	-15.084	2.523	-12.560	-0.0568	-0.0465	-15
-14	0.0011191	0.7336	0.0013	0.7349	-14.078	2.769	-11.310	-0.0529	-0.0416	-14
-13	0.0012261	0.7364	0.0014	0.7378	-13.073	3.036	-10.037	-0.0490	-0.0367	-13
-12	0.0013425	0.7392	0.0016	0.7408	-12.067	3.326	-8.741	-0.0452	-0.0317	-12
-11	0.0014689	0.7421	0.0017	0.7438	-11.062	3.642	-7.419	-0.0413	-0.0267	-11
-10	0.0016062	0.7449	0.0019	0.7468	-10.056	3.986	-6.070	-0.0375	-0.0215	-10
-9	0.0017551	0.7478	0.0021	0.7499	-9.050	4.358	-4.692	-0.0337	-0.0163	-9
-8	0.0019166	0.7506	0.0023	0.7529	-8.045	4.763	-3.282	-0.0299	-0.0110	-8
-7	0.0020916	0.7534	0.0025	0.7560	-7.039	5.202	-1.838	-0.0261	-0.0055	-7
-6	0.0022812	0.7563	0.0028	0.7591	-6.034	5.677	-0.356	-0.0223	0.0000	-6
-5	0.0024863	0.7591	0.0030	0.7622	-5.028	6.193	1.164	-0.0186	0.0057	-5
-4	0.0027083	0.7620	0.0033	0.7653	-4.023	6.750	2.728	-0.0148	0.0115	-4
-3	0.0029482	0.7648	0.0036	0.7684	-3.017	7.354	4.337	-0.0111	0.0175	-3
-2	0.0032076	0.7677	0.0039	0.7716	-2.011	8.007	5.995	-0.0074	0.0236	-2
-1	0.0034877	0.7705	0.0043	0.7748	-1.006	8.712	7.707	-0.0037	0.0299	-1
0	0.0037900	0.7733	0.0047	0.7780	0.000	9.475	9.475	0.0000	0.0364	0
1	0.004076	0.7762	0.0051	0.7813	1.006	10.198	11.203	0.0037	0.0427	1
2	0.004382	0.7790	0.0055	0.7845	2.011	10.970	12.981	0.0073	0.0492	2
3	0.004708	0.7819	0.0059	0.7878	3.017	11.794	14.811	0.0110	0.0559	3
4	0.005055	0.7847	0.0064	0.7911	4.023	12.673	16.696	0.0146	0.0627	4
5	0.005425	0.7875	0.0068	0.7944	5.029	13.611	18.639	0.0182	0.0697	5
6	0.005819	0.7904	0.0074	0.7978	6.034	14.610	20.644	0.0219	0.0769	6
7	0.006238	0.7932	0.0079	0.8012	7.040	15.674	22.714	0.0254	0.0843	7
8	0.006684	0.7961	0.0085	0.8046	8.046	16.807	24.853	0.0290	0.0919	8
9	0.007158	0.7989	0.0092	0.8081	9.052	18.013	27.065	0.0326	0.0997	9
10	0.007663	0.8017	0.0098	0.8116	10.058	19.297	29.354	0.0362	0.1078	10
11	0.008199	0.8046	0.0106	0.8152	11.063	20.661	31.724	0.0397	0.1162	11
12	0.008768	0.8074	0.0113	0.8188	12.069	22.111	34.181	0.0432	0.1248	12
13	0.009372	0.8103	0.0122	0.8224	13.075	23.653	36.728	0.0468	0.1337	13
14	0.010013	0.8131	0.0131	0.8262	14.081	25.290	39.371	0.0503	0.1430	14

Table 2 Thermodynamic Properties of Moist Air at Standard Atmospheric Pressure, 101.325 kPa (Concluded)

Temp., °C <i>t</i>	Humidity Ratio <i>W_s</i> , kg _w /kg _{da}	Specific Volume, m ³ /kg _{da}			Specific Enthalpy, kJ/kg _{da}			Specific Entropy, kJ/(kg _{da} ·K)		Temp., °C <i>t</i>
		<i>v_{da}</i>	<i>v_{as}</i>	<i>v_s</i>	<i>h_{da}</i>	<i>h_{as}</i>	<i>h_s</i>	<i>s_{da}</i>	<i>s_s</i>	
15	0.010694	0.8159	0.0140	0.8299	15.087	27.028	42.115	0.0538	0.1525	15
16	0.011415	0.8188	0.0150	0.8338	16.093	28.873	44.966	0.0573	0.1624	16
17	0.012181	0.8216	0.0160	0.8377	17.099	30.830	47.929	0.0607	0.1726	17
18	0.012991	0.8245	0.0172	0.8416	18.105	32.906	51.011	0.0642	0.1832	18
19	0.013851	0.8273	0.0184	0.8457	19.111	35.107	54.219	0.0676	0.1942	19
20	0.014761	0.8301	0.0196	0.8498	20.117	37.441	57.558	0.0711	0.2057	20
21	0.015724	0.8330	0.0210	0.8540	21.124	39.914	61.037	0.0745	0.2175	21
22	0.016744	0.8358	0.0224	0.8583	22.130	42.533	64.663	0.0779	0.2298	22
23	0.017823	0.8387	0.0240	0.8626	23.136	45.308	68.444	0.0813	0.2426	23
24	0.018965	0.8415	0.0256	0.8671	24.142	48.245	72.388	0.0847	0.2560	24
25	0.020173	0.8443	0.0273	0.8716	25.148	51.355	76.503	0.0881	0.2698	25
26	0.021451	0.8472	0.0291	0.8763	26.155	54.646	80.801	0.0915	0.2842	26
27	0.022802	0.8500	0.0311	0.8811	27.161	58.128	85.289	0.0948	0.2992	27
28	0.024229	0.8529	0.0331	0.8860	28.167	61.812	89.979	0.0982	0.3148	28
29	0.025738	0.8557	0.0353	0.8910	29.174	65.708	94.882	0.1015	0.3311	29
30	0.027333	0.8585	0.0376	0.8961	30.180	69.829	100.009	0.1048	0.3481	30
31	0.029018	0.8614	0.0400	0.9014	31.187	74.185	105.372	0.1081	0.3658	31
32	0.030797	0.8642	0.0426	0.9069	32.193	78.791	110.985	0.1115	0.3843	32
33	0.032677	0.8671	0.0454	0.9124	33.200	83.660	116.860	0.1147	0.4035	33
34	0.034663	0.8699	0.0483	0.9182	34.207	88.806	123.013	0.1180	0.4236	34
35	0.036760	0.8727	0.0514	0.9241	35.213	94.245	129.458	0.1213	0.4447	35
36	0.038975	0.8756	0.0547	0.9302	36.220	99.993	136.213	0.1246	0.4666	36
37	0.041313	0.8784	0.0581	0.9365	37.227	106.068	143.294	0.1278	0.4895	37
38	0.043783	0.8813	0.0618	0.9430	38.233	112.487	150.720	0.1311	0.5135	38
39	0.046391	0.8841	0.0657	0.9498	39.240	119.270	158.510	0.1343	0.5386	39
40	0.049145	0.8869	0.0698	0.9567	40.247	126.438	166.685	0.1375	0.5650	40
41	0.052053	0.8898	0.0741	0.9639	41.254	134.014	175.268	0.1407	0.5925	41
42	0.055124	0.8926	0.0788	0.9714	42.261	142.021	184.282	0.1439	0.6213	42
43	0.058368	0.8955	0.0837	0.9791	43.268	150.483	193.751	0.1471	0.6514	43
44	0.061795	0.8983	0.0888	0.9871	44.275	159.429	203.704	0.1503	0.6830	44
45	0.065416	0.9011	0.0943	0.9955	45.282	168.887	214.169	0.1535	0.7162	45
46	0.069242	0.9040	0.1002	1.0041	46.289	178.889	225.178	0.1566	0.7509	46
47	0.073286	0.9068	0.1063	1.0131	47.297	189.466	236.763	0.1598	0.7874	47
48	0.077561	0.9096	0.1129	1.0225	48.304	200.656	248.960	0.1629	0.8256	48
49	0.082081	0.9125	0.1198	1.0323	49.311	212.497	261.808	0.1660	0.8658	49
50	0.086863	0.9153	0.1272	1.0425	50.319	225.030	275.349	0.1692	0.9081	50
51	0.091922	0.9182	0.1350	1.0531	51.326	238.300	289.627	0.1723	0.9525	51
52	0.097278	0.9210	0.1433	1.0643	52.334	252.357	304.690	0.1754	0.9993	52
53	0.102949	0.9238	0.1521	1.0759	53.341	267.251	320.592	0.1785	1.0485	53
54	0.108958	0.9267	0.1614	1.0881	54.349	283.041	337.389	0.1816	1.1003	54
55	0.115326	0.9295	0.1714	1.1009	55.356	299.788	355.144	0.1846	1.1549	55
56	0.122080	0.9324	0.1819	1.1143	56.364	317.560	373.924	0.1877	1.2126	56
57	0.129248	0.9352	0.1932	1.1284	57.372	336.431	393.803	0.1908	1.2734	57
58	0.136858	0.9380	0.2051	1.1432	58.380	356.482	414.862	0.1938	1.3377	58
59	0.144945	0.9409	0.2179	1.1587	59.388	377.800	437.188	0.1968	1.4056	59
60	0.153545	0.9437	0.2315	1.1752	60.396	400.484	460.880	0.1999	1.4775	60
61	0.162697	0.9465	0.2460	1.1925	61.404	424.641	486.044	0.2029	1.5537	61
62	0.172446	0.9494	0.2615	1.2108	62.412	450.388	512.799	0.2059	1.6345	62
63	0.182842	0.9522	0.2780	1.2302	63.420	477.856	541.276	0.2089	1.7203	63
64	0.193937	0.9551	0.2957	1.2508	64.428	507.192	571.620	0.2119	1.8114	64
65	0.205794	0.9579	0.3147	1.2726	65.436	538.557	603.993	0.2149	1.9084	65
66	0.218478	0.9607	0.3350	1.2957	66.445	572.131	638.576	0.2179	2.0117	66
67	0.232067	0.9636	0.3568	1.3204	67.453	608.118	675.572	0.2208	2.1220	67
68	0.246645	0.9664	0.3803	1.3467	68.462	646.746	715.208	0.2238	2.2398	68
69	0.262309	0.9692	0.4056	1.3748	69.470	688.271	757.741	0.2268	2.3659	69
70	0.279167	0.9721	0.4328	1.4049	70.479	732.985	803.464	0.2297	2.5011	70
71	0.297343	0.9749	0.4622	1.4372	71.488	781.220	852.707	0.2326	2.6464	71
72	0.316979	0.9778	0.4941	1.4719	72.496	833.353	905.850	0.2356	2.8028	72
73	0.338237	0.9806	0.5287	1.5093	73.505	889.821	963.326	0.2385	2.9715	73
74	0.361304	0.9834	0.5663	1.5497	74.514	951.124	1025.638	0.2414	3.1539	74
75	0.386399	0.9863	0.6072	1.5935	75.523	1017.843	1093.367	0.2443	3.3517	75
76	0.413774	0.9891	0.6520	1.6411	76.532	1090.659	1167.191	0.2472	3.5668	76
77	0.443727	0.9919	0.7010	1.6930	77.542	1170.366	1247.907	0.2501	3.8014	77
78	0.476610	0.9948	0.7550	1.7497	78.551	1257.907	1336.458	0.2529	4.0581	78
79	0.512842	0.9976	0.8145	1.8121	79.560	1354.402	1433.962	0.2558	4.3401	79
80	0.552926	1.0005	0.8805	1.8809	80.569	1461.196	1541.765	0.2587	4.6511	80
81	0.597470	1.0033	0.9539	1.9572	81.579	1579.917	1661.496	0.2615	4.9956	81
82	0.647218	1.0061	1.0360	2.0421	82.589	1712.556	1795.145	0.2644	5.3794	82
83	0.703089	1.0090	1.1283	2.1373	83.598	1861.573	1945.171	0.2672	5.8091	83
84	0.766233	1.0118	1.2328	2.2446	84.608	2030.041	2114.649	0.2701	6.2933	84
85	0.838105	1.0146	1.3519	2.3665	85.618	2221.858	2307.476	0.2729	6.8430	85
86	0.920580	1.0175	1.4887	2.5062	86.628	2442.035	2528.662	0.2757	7.4721	86
87	1.016105	1.0203	1.6473	2.6676	87.638	2697.127	2784.764	0.2785	8.1987	87
88	1.127952	1.0232	1.8332	2.8564	88.648	2995.880	3084.528	0.2813	9.0472	88
89	1.260579	1.0260	2.0539	3.0799	89.658	3350.228	3439.885	0.2841	10.0508	89
90	1.420235	1.0288	2.3198	3.3487	90.668	3776.888	3867.556	0.2869	11.2558	90

Propriedades Termodinâmicas do Ar Úmido - Parte 2 (ASHRAE, 2013b)

ANEXO B – DADOS CLIMÁTICOS DE PROJETO OBTIDOS PELO DWPGEN

Mato Grosso do Sul		Campo Grande		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-20,27	-54,36	530	01-17	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		34,7	23,8	24,7	19,8	28,6	2,6	32
		ΔT_{md}	1%	24,2	23,5	24,2	19,2	27,6
9,7	2%	32,2	24,0	23,7	18,6	27,5	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jul	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		15,4		11,8	8,6	21,0	-	-
		14,3		10,6	7,98	19,7	4,4	302

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Campo Grande/MS

Maranhão		Imperatriz		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-5,33	-47,27	126	08-17	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Out	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		37,2	21,5	24,6	19,9	28,1	-	-
		ΔT_{md}	1%	36,4	21,4	24,5	19,8	28,0
11,9	2%	35,7	21,6	24,2	19,4	27,7	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		19,9		11,5	8,6	34	-	-
		19,0		10,2	7,8	35,9	-	-

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Imperatriz/MA

Espírito Santo		Vitória		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-20,16	-40,18	9	06-17	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		33,8	23,6	24,4	19,4	26,8	1,0	335
		ΔT_{md}	1%	32,9	23,5	23,8	18,7	26,0
8,8	2%	32,1	23,4	23,6	18,5	26,0	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		16,4		12,8	9,2	21,2	-	-
		15,5		11,6	8,5	21,7	1,1	308

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Vitória/ES

Minas Gerais		Governador Valadares		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-18,47	-41,59	263	07-17	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Nov	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		35,6	21,9	23,6	19,0	27,3	1,8	197
ΔT_{md}	1%	34,5	22,1	23,3	18,7	26,8	-	-
10,5	2%	33,5	21,8	22,8	18,0	26,1	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	13,9	9,3	7,5	24,2	-	-	
		12,8	8,1	6,9	27,9	2,2	355	

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Governador Valadares/MG

Rio de Janeiro		Macaé		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,23	-41,49	32	06-17	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		34,7	23,8	24,7	19,8	28,6	2,6	32
ΔT_{md}	1%	33,5	23,5	24,2	19,2	27,6	-	-
9,7	2%	32,2	24,0	23,7	24,7	27,5	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	15,4	11,8	8,7	21,0	-	-	
		14,3	10,6	8	19,7	4,4	302	

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Macaé/RJ

Rio de Janeiro		Resende		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-22,57	-44,27	439,89	06-16	
Mês>Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	0.4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
		34,4	20,9	22,7	18,4	25,0	-	-
ΔT_{md}	1%	33,3	21,0	22	17,6	24,7	-	-
13,2	2%	32,2	21,3	21,8	17,4	24,5	-	-
Mês>Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção	
	99,6%	11,1	7,3	6,7	21,6	-	-	
		10	5,6	5,7	23,8	-	-	

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Resende/RJ

São Paulo		São Carlos		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-21,57	-47,52	863	06-17	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Jan	0,4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	32,4	17,6	20,9	17,2	24,5	2,1	300
6,5	2%	31,3	18,2	20,6	16,9	24,3	-	-
		30,4	19,0	20,2	16,5	24,0	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	10,1		3,1	5,2	19,4	-	-
		8,4		1,4	4,6	23	2,6	83

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para São Carlos/SP

Rio Grande do Sul		Santa Maria		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período	
				-29,42	-53,42	95	01-17	
Mês > Qt	Freq. Anual	Resfriamento e desumidificação		Baixa Umidade			Condições de Vento - TBS	
Fev	0,4%	TBS	TBUc	TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
ΔT_{md}	1%	34,9	23,4	24,4	19,6	29,2	1,8	155
10,6	2%	33,3	23,3	23,6	18,6	28,2	-	-
		31,9	23,2	23,0	17,9	27,7	-	-
Mês > Fr	Freq. Anual	Aquecimento		Umificação			Condições de Vento - TBS	
Jun	99,0%	TBS		TPO	w	TBSc	Velocidade	Direção
	99,6%	4,1		1,5	4,26	6,5	-	-
		2,3		0	3,8	7,5	2,3	91

Dados climáticos de projeto gerados pelo DwpGen para Santa Maria/RS