

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010 DA AWOS NO CDTN-BH

Alberto Avellar Barreto
CDTN/CNEN - Belo Horizonte – MG
aab@cdtn.br

Leonardo Soares Souza
CDTN/CNEN - Belo Horizonte – MG
lss@cdtn.br

Paula Cristina SouzaFranco
PUC/MG - Belo Horizonte – MG
paulacsfranco@yahoo.com.br

André Maurizi Portela
CDTN/CNEN - Belo Horizonte – MG
andremaurizi@gmail.com

O CLIMA DAS CIDADES

Resumo: O CDTN opera desde 1996 uma estação meteorológica automática na região da Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais. Neste trabalho é apresentada a metodologia de tratamento das informações utilizada para a consolidação de dados da AWOS do CDTN. Essa metodologia é implementada por meio da utilização de planilhas eletrônicas e aplicativos estatísticos. Alguns comentários sobre as principais dificuldades e problemas surgidos durante a execução dos procedimentos também estão apresentados. Os resultados obtidos, relativos ao ano de 2010, para o monitoramento do vento, temperatura e umidade do ar, pressão atmosférica, radiação solar global e precipitação pluviométrica são apresentados e comparados com os dados normais do INMET de 1960 a 1990. Também estão apresentadas informações da estabilidade atmosférica calculada em função dos dados de velocidade, direção e desvio padrão do vento.

Palavras Chave: meteorologia, monitoramento, tratamento de dados, Belo Horizonte, 2010.

Abstract: An automated weather observing system has been working at CDTN, Pampulha, in Belo Horizonte, Minas Gerais, since September 1997. The database from this system was treated using some computational resources like worksheets and statistics software. In this work are presented the methodology used and the results obtained. Some comments about the main difficulties and problems arose during the procedures is presented too. The results, for the year 2010, to monitor wind, temperature and humidity, atmospheric pressure, solar radiation and rainfall are presented and compared with normal data from INMET (1960 to 1990). Details of atmospheric stability, calculated on the basis of data speed, direction and standard deviation of the wind, are also presented.

Keywords: meteorology, monitoring, database treatment, Belo Horizonte, 2010

1. INTRODUÇÃO

Um sistema automático de observação do tempo, conhecido por AWOS (*automated weather observing system*), consiste da união de ferramentas, interfaces e mecanismos para coleta, processamento e transmissão de dados meteorológicos. (World Meteorological Organization, 2008). Alguns exemplos de equipamentos encontrados em uma AWOS são os sensores meteorológicos, microprocessadores (*dataloggers*), modems, conversores, etc.

No Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN – uma AWOS tem sido operada desde 1996. Este sistema foi instalado de acordo com as exigências contidas na legislação nuclear (CNEN-NE 1.22, 1989). O banco de dados obtido durante esse período foi planejado para servir de base em estudos de dispersão de poluentes atmosféricos (Barreto, Alberto e Rodrigues, 2010). Entretanto, diversos outros estudos tem utilizado as informações geradas, particularmente, nas áreas de engenharia, biologia, educação física, climatologia e arquitetura.

A posição geográfica da AWOS do CDTN é 608117 (Leste-Oeste) e 7802471 (Norte-Sul) baseando-se no sistema de coordenadas geográficas UTM-23S e no *Datum* WGS-84. A altitude nesta posição é de 857 m. Esta posição é um ponto de altitude máxima da área pertencente ao Campus da UFMG/CDTN. Na Figura 1 observa-se uma visão geral da torre e da instrumentação instalada na EMET/CDTN.

Atualmente, na AWOS do CDTN diversos elementos meteorológicos são monitorados em três níveis: ao nível do solo, até 1,5 m (temperatura do ar, pressão atmosférica, evaporação, precipitação pluviométrica, radiação solar global e líquida); a 10 metros do solo (temperatura e umidade do ar e vento – velocidade, direção e desvio padrão da direção); e a 40 metros do solo (temperatura do ar e vento – velocidade, direção e desvio padrão da direção).

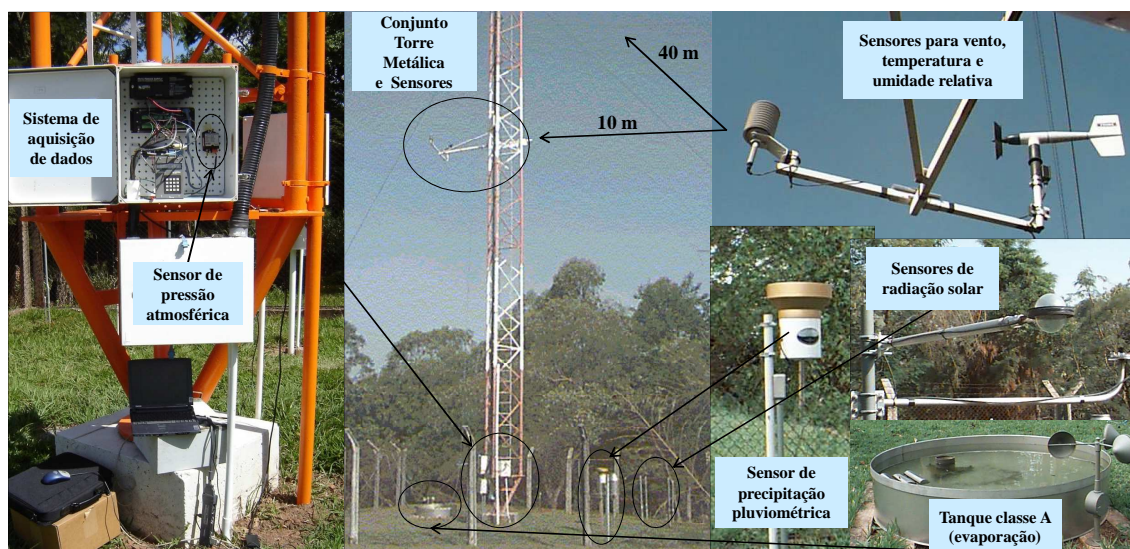


Figura 1 – Estação Meteorológica do CDTN.
Fonte: acervo dos autores.

O CDTN segue um programa de qualidade dos dados que inclui, entre outras providências, a calibração dos sensores e o treinamento dos responsáveis pela operação de sua Estação. Entretanto, ainda assim durante a operação dessa AWOS ocorrem problemas relativos a ausência de dados e a inconsistência da informação. Neste trabalho é apresentado um resumo da metodologia utilizada no tratamento desses problemas e os resultados obtidos após esse tratamento, especificamente para o ano de 2010. Alguns comentários sobre as dificuldades encontradas durante a operação desta AWOS também são apresentados.

2. METODOLOGIA

2.1. Consolidação do banco de dados

Os sensores, utilizados para investigar os elementos climatológicos, seguem as instruções carregadas no *datalogger*. O monitoramento dos sensores é realizado a cada 5 segundos. Atualmente existem duas rotinas implementadas: a primeira calcula médias e totais a cada 15 minutos; a segunda registra os máximos e mínimos absolutos no final de cada hora. Estas informações são armazenadas na memória do *datalogger*, sendo que ao final de cada hora as informações também são transferidas por rede até um computador dedicado ao armazenamento e processamento final do banco de dados meteorológicos. A memória interna do *datalogger* tem capacidade de armazenar cerca de 1 ano de dados, segundo o atual programa de monitoramento. Após esse período, as informações mais antigas são sobrepostas pelas mais recentes.

A AWOS, em condições normais de operação, pode ser monitorada em tempo real do escritório do responsável pela Estação. Essa investigação deve ser realizada com a maior frequência possível, dessa forma objetiva-se identificar quaisquer possíveis falhas na monitoração. Semanalmente é realizada uma cópia de segurança (*backup*) dos dados utilizando-se um dispositivo móvel de armazenamento (HD externo). Em todos os procedimentos de armazenamento citados é utilizado um formato simples (.txt). Apesar dos procedimentos descritos anteriormente, a ocorrência de falhas é praticamente inevitável. Assim é fundamental o tratamento dessas falhas, antes do tratamento técnico e científico dos dados.

O tratamento do bando de dados meteorológico (BDM) realizado no CDTN inicia-se com a importação dos dados mantidos no arquivo txt para uma planilha eletrônica. Os recursos da planilha são usados para a execução dos passos citados a seguir:

1. Separação dos dados em função da periodicidade (uma planilha para 15 minutos e outra para 60 minutos);
2. Identificação de registros faltantes, ou seja, uma linha com ausência de todos os dados dos elementos meteorológicos investigados (teste nível 1);
3. Indicação, com um sinalizador, das linhas identificadas no passo 2, e totalização dessas falhas;
4. Para cada elemento, identificar e sinalizar a posição de linhas que apresentem valores fora da faixa estabelecida nos manuais do sensor que investiga o elemento (teste nível 2);
5. Para cada elemento, identificar e sinalizar a posição de linhas que apresentem valores fora da faixa estabelecida como valores extremos possíveis para a região (teste nível 3);
6. As falhas sinalizadas nos testes 2 e 3 são avaliadas por meio da investigação do gradiente do elemento (teste nível 4) e da comparação entre elementos disponíveis (teste nível 5).

O procedimento descrito nos passos de 1 a 6 foi baseado nas sugestões apresentadas em USEPA (2000), entretanto, ainda não é considerado como totalmente consolidado, cada nova ocorrência “anômala” é uma oportunidade de testá-lo e desenvolve-lo. Pretende-se transferir a experiência até agora adquirida para um aplicativo que utilize uma linguagem de programação estruturada (Fortran, C++, etc). Entretanto, observou-se que a utilização de planilhas tem a vantagem de possibilitar um “contato direto” e visual com o dado, o que muitas vezes é também útil para a identificação de falhas. Na Figura 2 observa-se uma visão parcial da estrutura de uma planilha de tratamento de dados. Nessa figura estão apresentadas informações referentes à investigação da umidade relativa e da temperatura do ar, ambas as medidas ao nível de 10 metros. Atenção deve ser dada aos valores limites (em amarelo) estabelecidos para os testes de nível 2, 3 e 4. Esses valores foram definidos após uma investigação estatística do BDM da AWOS do CDTN e consulta aos dados normais do INMET (2009).

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
ANO	DIA JUL	Hora/Min	Nível 1	Umid. Rel	Grad. UR	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Temp 10m	Grad. T10	Nível 2	Nível 3	Nível 4
			Ausência	%	%	0	10	0	Celsius	Celsius	-10	2	0
						103	100	20			45	40	5
2010	365	2015		96.8	0.1				19.4	0.01			
2010	365	2030		96.8	0				19.44	0.04			
2010	365	2045		96.8	0				19.45	0.01			
2010	365	2100		96.5	0.3				19.46	0.01			
2010	365	2115		96.1	0.4				19.5	0.04			
2010	365	2130		95.6	0.5				19.53	0.03			
2010	365	2145		95.4	0.2				19.59	0.06			
2010	365	2200		95	0.4				19.64	0.05			
2010	365	2215		94.7	0.3				19.7	0.06			
2010	365	2230		94.8	0.1				19.73	0.03			
2010	365	2245		94.6	0.2				19.73	0			
2010	365	2300		94.2	0.4				19.76	0.03			
2010	365	2315		93.6	0.6				19.78	0.02			
2010	365	2330		92.9	0.7				19.81	0.03			
2010	365	2345		91	1.9				19.81	0			
2010	365	0		9	82		1	1	3	16.81			1
		Mínimos:	1	9	0	0	1	1	3	0	0	0	1
		Máximos:	1	99.2	82	0	1	1	33.46	16.81	0	0	1
		Total:		12			0	1	15			0	0

Figura 2- Planilha para avaliação de falhas em um BDM.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na linha em destaque azul, foi didaticamente inseridos erros nos valores de temperatura e umidade do ar. Observa-se que, para a umidade, o valor de 9 % não está sinalizado no teste de nível 2, pois está dentro da faixa de medição especificada pelo manual do sensor. Entretanto, esse mesmo valor foi sinalizado nos testes de nível 3 e 4, pois 9 % é menor que o limite estabelecido como provável para a região (10%), e o gradiente de 82%, entre este valor e o de 15 min anterior, também ultrapassou o valor de 20% estabelecido como limite para o nível 4. As últimas três linhas (em laranja) são calculadas para auxiliar na investigação das falhas.

2.2. Tratamento dos dados de 2010

As informações meteorológicas da região do CDTN em Belo Horizonte estão apresentadas segundo dois enfoques: o primeiro utiliza dados históricos para representar o comportamento padrão dos parâmetros meteorológicos, o segundo utiliza dados da Estação Meteorológica do CDTN/CNEN (EMET/CDTN) para descrever o comportamento dos parâmetros meteorológicos monitorados no ano de 2010.

Os dados históricos foram extraídos da publicação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2009). Esses dados são referentes à Estação do 5º Distrito de Meteorologia, localizado na Av. Raja Gabaglia em Belo Horizonte. Foram utilizadas informações estatísticas conhecidas como: “Normais Climatológicas” que são obtidas por meio do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A última informação oficial disponibilizada refere-se ao período de 1960 a 1990 (30 anos).

Os dados da AWOS do CDTN, após passar pela consolidação apresentada no item 2.1, foram tratados com o objetivo de gerar informações de médias, máximos e mínimos mensais, diários e horários. Novamente foram utilizados recursos de planilhas eletrônicas, aplicativos estatísticos e gráficos.

O comportamento do vento foi elaborado segundo a convenção de registro da direção “de onde o vento sopra”. As informações para a direção do vento foram sintetizadas utilizando-se 16 setores de 22,5 graus cada.

A estabilidade atmosférica foi classificada conforme a seguinte convenção: a classe A representa a condição de Extremamente Instável, a B de moderadamente instável, a C de levemente instável, a D de neutra, a E de levemente estável e a F de moderadamente estável.

Para a caracterização do campo de velocidades foram utilizadas 6 classes: de 0,5 a 2,1 m/s (classe 1), de 2,1 a 3,6 m/s (classe 2), de 3,6 a 5,7 m/s (classe 3), de 5,7 a 8,8 m/s (classe 4), de 8,8 a 11,1 m/s (classe 5) e de ventos maiores que 11,1 m/s (classe 6). Os ventos com velocidade inferior a 0,5 m/s foram considerados na condição de “ventos calmos”.

Os dados de temperatura e umidade do ar coletados ao nível de 10 metros do solo e pressão atmosférica e precipitação pluviométrica, coletados ao nível do solo, também foram sintetizados e estão apresentados por meio de tabelas e gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Consolidação do banco de dados de 2010

A aplicação do teste de nível 1, ausência completa de informação, para o ano de 2010 resultou nas informações apresentadas na Tabela à esquerda da

Registro de falhas				Umíd. Rel	Grad. UR	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Temp 10m	Grad. T10	Nível 2	Nível 3	Nível 4
ANO	DIA	HHMM	Ql de	%	%	0	10	0	Celsius	Celsius	-10	2	0
2010	1	1800		16.2	0	0	0	1	9.05	0	0	0	1
2010	4	1830	1	99.2	38.34	0	0	1	33.46	6.75	0	0	1
2010	66	830				0	0	14			0	0	5
2010	66	900	1			0	0	0			0	0	5
2010	86	1215				0	0	0			0	0	5
2010	86	1245	1			0	0	1	0	0	0	0	1
2010	108	900		7.14	5.134	0	0	1	360	0	99.8	0	1
2010	108	1415	20			0	0	1	0	0	0	0	5
2010	150	845				0	0	0			0	0	5
2010	150	1245	15			60	27.1	5	360	0	360	360	100
2010	178	630		0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2010	178	730	3	13.64	9.033	0	0	1	360	0	100.8	0	1
2010	185	900				0	0	17			0	0	673
2010	185	1030	5			-100	-70	0			0	0	0
2010	280	1815		-69.79	0	0	0	1	0	0	0	1	1
2010	281	1430	80	900	676.9	0	0	1	1260	971.65	0	1	1
2010	293	1730				0	0	26			0	7	25
2010	293	1800	1			0	0	0			0	0	1
2010	317	930				600	907	0			0	0	0
2010	317	1715	30	603.19	0	0	1	1	0	0	0	0	1
2010	339	715		927.57	315.68	0	1	1	17.3	15.6	0	0	1
2010	339	1700	39			0	9	17	1337		0	0	7
2010	356	900				0	0	0			0	0	1
2010	356	1100	/			0	0	0			0	0	1
		Total:	203										
		%	0.579										

Vel 10m	Grad. V10	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Dir 10m	Nível 2	DP 10m	Nível 2	Nível 3
m/s	m/s	0	0	0	graus	0	graus	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.14	5.134	0	0	1	360	0	99.8	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	5

Vel 40m	Grad. V10	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Dir 40m	Nível 2	DP 40m	Nível 2	Nível 3
m/s	m/s	0	0	0	graus	0	graus	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.64	9.033	0	0	1	360	0	100.8	0	1
0	0	0	0	17					673

Rad. Liq.	Grad. RL	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Rad. Glob.	Grad. RG	Nível 2	Nível 3	Nível 4
W/m2	W/m2	-100	-70	0	W/m2	W/m2	0	0	0
-69.79	0	0	0	1	0	0	0	1	1
900	676.9	0	0	1	1260	971.65	0	1	1
		0	0	26			0	7	25

Patm	Grad. Patm	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Chuva	Grad. Chuva	Nível 3	Nível 4
mbar	mbar	600	907	0	mm	mm	0	0
603.19	0	0	1	1	0	0	0	1
927.57	315.68	0	1	1	17.3	15.6	0	1
		0	9	17	1337		0	7

Temp 40m	Grad. T40	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Celsius	Celsius	-23	8.8	0
9.08	0	0	0	1
31.92	7	0	0	1
		0	0	5

Figura 3, intitulada por “registro de falhas”. Observa-se que houve 12 interrupções no processo de coleta de dados. Dessas, a maior apresentou ausência consecutiva de 80 registros (linhas de dados). No total, foram verificadas 203 ausências de registros, sendo que esse valor representa um percentual de 0,5 % dos dados de todo o ano de 2010 (35040 registros). Na mesma figura, nas tabelas à direita, estão apresentados para cada elemento meteorológico, um resumo dos resultados encontrados para os testes de nível 2 a 4. As últimas 3 linhas de cada tabela, significam respectivamente, os valores mínimos,

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH

máximos e totais encontrados. Observa-se que 2010 foi um ano com boa condição de funcionamento da AWOS. Em relação aos testes de nível 2 e 3, destaca-se o número de sinalizações encontrados para o desvio padrão da direção do vento a 40 m. Esse parâmetro ainda está sendo verificado, assim não serão apresentados resultados para o vento a 40 m.

Registro de falhas			
ANO	DIA	HHMM	Qtd
2010	1	1800	
2010	4	1830	1
2010	66	830	
2010	66	900	1
2010	86	1215	
2010	86	1245	1
2010	108	900	
2010	108	1415	20
2010	150	845	
2010	150	1245	15
2010	178	630	
2010	178	730	3
2010	185	900	
2010	185	1030	5
2010	280	1815	
2010	281	1430	80
2010	293	1730	
2010	293	1800	1
2010	317	930	
2010	317	1715	30
2010	339	715	
2010	339	1700	39
2010	356	900	
2010	356	1100	1
Total:			203
%			0.579

Umíd. Rel	Grad. UR	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Temp 10m	Grad. T10	Nível 2	Nível 3	Nível 4
%	%	0	10	0	Celsius	Celsius	-10	2	0
16.2	0	0	0	1	9.05	0	0	0	1
99.2	38.34	0	0	1	33.46	6.75	0	0	1
		0	0	14			0	0	5

Vel 10m	Grad. V10	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Dir 10m	Nível 2	DP 10m	Nível 2	Nível 3
m/s	m/s	0	0	0	graus	0	graus	0	5
0	0	60	19.1	5	360	0	360	360	100
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
7.14	5.134	0	0	1	360	0	99.8	0	1
		0	0	1		0	0	0	5

Vel 40m	Grad. V10	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Dir 40m	Nível 2	DP 40m	Nível 2	Nível 3
m/s	m/s	0	0	0	graus	0	graus	0	5
0	0	60	27.1	5	360	0	360	360	100
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13.64	9.033	0	0	1	360	0	100.8	0	1
		0	0	17		0	0	0	673

Rad. Liq.	Grad. RL	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Rad. Glob.	Grad. RG	Nível 2	Nível 3	Nível 4
W/m2	W/m2	-100	-70	0	W/m2	W/m2	0	0	0
-69.79	0	1500	1100	500	1500	1200	1500	1200	700
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
900	676.9	0	0	1	1260	971.65	0	1	1
		0	0	26			0	7	25

Patm	Grad. Patm	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Chuva	Grad. Chuva	Nível 3	Nível 4
mbar	mbar	600	907	0	mm	mm	0	0
		1060	928	10			50.8	10
603.19	0	0	1	1	0	0	0	1
927.57	315.68	0	1	1	17.3	15.6	0	1
		0	9	17	1337		0	7

Temp 40m	Grad. T40	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Celsius	Celsius	-23	8.8	0
		48	32.3	5
9.08	0	0	0	1
31.92	7	0	0	1
		0	0	5

Figura 3 – Planilhas com uma síntese dos resultados dos testes de consolidação de dados de 2010.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Dados normais do INMET

As normais climatológicas para o período de 1961 a 1990 estão relacionadas na Tabela 1. São apresentados os valores médios, mínimos e máximos mensais para as grandezas relacionadas. Entre os principais aspectos, observa-se: a direção predominante dos ventos como sendo vindo de leste (E) em todos os meses do ano; concentração de chuva no período de verão e baixo índice de pluviosidade no período de inverno; temperaturas médias extremas de 13,1°C (mínima) e de 28,8°C (máxima). É importante destacar que a Estação do INMET em Belo Horizonte, cujos dados foram utilizados para esses cálculos, é do tipo convencional.

Tabela 1 - Normais climatológicas (1961 a 1990) - Belo Horizonte – MG

*TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH*

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano	Mín	Máx	Variável
88.1	81.2	93.5	92.3	90.8	89.5	103.3	132.9	143.6	117.6	90.8	82.4	1206	81.2	143.6	Evaporação Total - Evaporímetro de Piché (mm)
189.8	195.5	215.1	228.9	237.1	240.1	256.5	255.6	210.1	184.9	184	171.7	2569.3	171.7	256.5	Insolação Total (horas)
1.41	1.42	1.4	1.47	1.36	1.44	1.55	1.69	1.96	1.69	1.45	1.4	1.52	1.36	1.96	Intensidade do Vento (m.s-1)
0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7	0.7	0.5	0.3	0.7	Nebulosidade (décimos)
15	12	9	5	3	2	2	2	3	10	14	16	93	2	16	Número de Dias com Precipitação Maior ou Igual a 1mm (dias)
274.1	206.3	142.7	55.8	28.8	11.5	15.3	14.8	39.2	141.7	241.6	292.0	1463.7	11.5	292	Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)
915.5	916.0	916.2	917.2	918.7	920.2	921.1	919.9	918.5	916.6	915.3	915.0	917.5	915	921.1	Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro (hPa)
28.2	28.8	28.6	27.5	26	25	24.6	26.5	27.2	27.7	27.5	27.3	27.1	24.6	28.8	Temperatura Máxima (°C)
22.8	23	22.9	21.7	19.6	18.5	18	19.7	21.1	21.7	22.2	22.2	21.1	18	23	Temperatura Média Compensada (°C)
18.8	19	18.8	17.3	15	13.4	13.1	14.4	16.2	17.5	18.2	18.4	16.7	13.1	19	Temperatura Mínima (°C)
79	75.1	74.7	73.9	72.5	71.4	68.7	64.5	65.1	69.8	74.1	78	72.2	64.5	79	Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)
-0.24	-0.21	-0.13	-0.04	-0.05	-0.07	-0.05	-0.09	-0.07	-0.10	-0.13	-0.14	-0.11	-0.24	-0.04	Componente Meridional do Vento (m.s-1)
-0.67	-0.76	-0.86	-0.92	-0.8	-0.9	-1.01	-1.21	-1.49	-1.15	-0.74	-0.65	-0.93	-1.49	-0.65	Componente Zonal do Vento (m.s-1)
E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	0	0	Direção Predominante do Vento (pontos cardeais e colaterais)
70	75	81	88	86	86	87	86	87	85	80	78	83	70	88	Direção Resultante do Vento (graus)

Fonte: Adaptado de INMET – BH, 2009.

3.3. Tratamento dos dados de 2010 da AWOS do CDTN

Vento e Estabilidade Atmosférica

O comportamento do vento está detalhado no gráfico da “rosa dos ventos” apresentada na Figura 4. O primeiro setor predominante foi o “ESE” com 30,5%, o segundo foi o “E” com 24,4% e o terceiro foi “ENE” com 11,8%. A direção do vetor resultante foi igual a 90 graus(E).

A distribuição de frequência das classes de estabilidade está apresentada na Tabela 2. Observa-se que a classe A foi predominante com 27,6%, seguida pela classe D com 25,5%. Vale lembrar que as classes A, B e C representam condições favoráveis para a dispersão atmosférica.

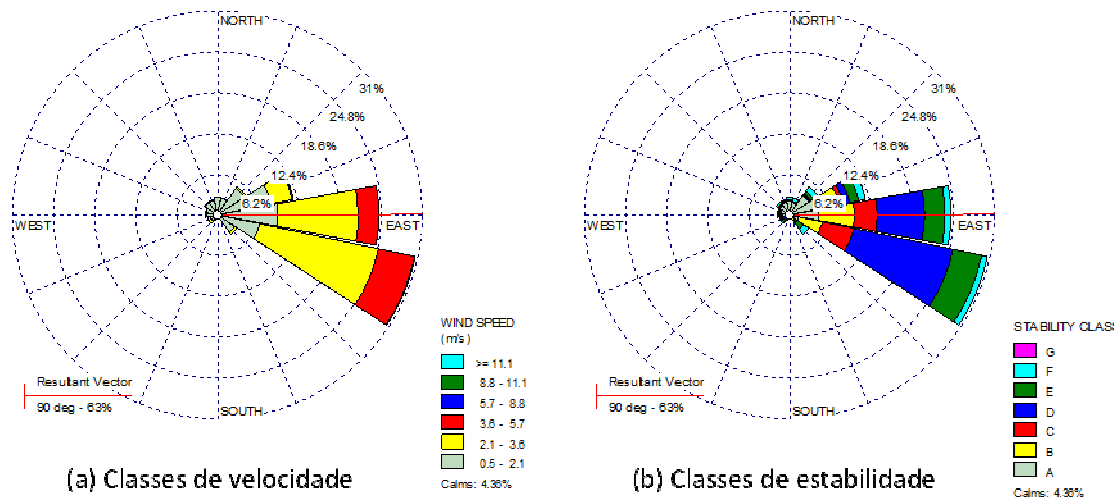


Figura 4 – Rosa dos ventos (velocidade e estabilidade) – 2010 – EMET/CDTN.

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 2– Distribuição de frequência das classes de estabilidade e direção do vento.

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH

			Classes de Estabilidade							
Direção do vento			Setor	A	B	C	D	E	F	Total
348.75	---	11.25	N	0.0214	0.0010	0.0006	0.0002	0.0010	0.0041	0.0284
11.25	---	33.75	NNE	0.0202	0.0008	0.0000	0.0002	0.0009	0.0054	0.0276
33.75	---	56.25	NE	0.0362	0.0018	0.0010	0.0016	0.0037	0.0085	0.0528
56.25	---	78.75	ENE	0.0538	0.0237	0.0064	0.0096	0.0141	0.0102	0.1179
78.75	---	101.25	E	0.0452	0.0534	0.0346	0.0713	0.0304	0.0091	0.2440
101.25	---	123.75	ESE	0.0145	0.0379	0.0476	0.1522	0.0443	0.0087	0.3053
123.75	---	146.25	SE	0.0062	0.0040	0.0017	0.0045	0.0102	0.0102	0.0369
146.25	---	168.75	SSE	0.0032	0.0000	0.0001	0.0008	0.0005	0.0029	0.0075
168.75	---	191.25	S	0.0018	0.0001	0.0000	0.0001	0.0006	0.0024	0.0051
191.25	---	213.75	SSW	0.0018	0.0008	0.0010	0.0018	0.0016	0.0029	0.0100
213.75	---	236.25	SW	0.0029	0.0014	0.0022	0.0044	0.0037	0.0025	0.0170
236.25	---	258.75	WSW	0.0047	0.0014	0.0020	0.0040	0.0023	0.0021	0.0164
258.75	---	281.25	W	0.0111	0.0020	0.0010	0.0017	0.0011	0.0023	0.0193
281.25	---	303.75	WNW	0.0145	0.0006	0.0011	0.0005	0.0013	0.0015	0.0194
303.75	---	326.25	NW	0.0180	0.0009	0.0010	0.0011	0.0005	0.0025	0.0241
326.25	---	348.75	NNW	0.0207	0.0009	0.0005	0.0006	0.0005	0.0018	0.0249
			Sub-Total:	0.2762	0.1307	0.1009	0.2548	0.1166	0.0772	0.9564
			Ventos Calmos:							0.0436

Fonte: EMET/CDTN, 2010.

A **Erro! Autoreferência de indicador não válida.** apresenta a distribuição de frequência das classes de velocidade do vento. A classe de velocidade predominante foi a 1, com 51% dos dados, a segunda classe predominante foi a 2 com 35,5%, a terceira foi a 3 com 9%, seguida pela classe 4 com 1,6%; as classes 5 e 6 não apresentaram contribuição. O percentual de ventos calmos foi de 4,36%. A média geral para velocidade dos ventos foi igual a 2,01 m/s.

Tabela 3– Distribuição de frequência das classes de velocidade e direção do vento.

			Classes de velocidade do vento							
Direção do vento			Setor	0,5 - 2,1	2,1 - 3,6	3,6 - 5,7	5,7 - 8,8	8,8 - 11,1	> 11,1	Total
348.75	---	11.25	N	0.0274	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0284
11.25	---	33.75	NNE	0.0274	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0276
33.75	---	56.25	NE	0.0506	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0528
56.25	---	78.75	ENE	0.0843	0.0316	0.0021	0.0000	0.0000	0.0000	0.1179
78.75	---	101.25	E	0.0921	0.1207	0.0308	0.0005	0.0000	0.0000	0.2440
101.25	---	123.75	ESE	0.0659	0.1827	0.0558	0.0009	0.0000	0.0000	0.3053
123.75	---	146.25	SE	0.0325	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0369
146.25	---	168.75	SSE	0.0073	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075
168.75	---	191.25	S	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051
191.25	---	213.75	SSW	0.0093	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0100
213.75	---	236.25	SW	0.0134	0.0034	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170
236.25	---	258.75	WSW	0.0129	0.0030	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0164
258.75	---	281.25	W	0.0172	0.0020	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193
281.25	---	303.75	WNW	0.0186	0.0007	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0194
303.75	---	326.25	NW	0.0232	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0241
326.25	---	348.75	NNW	0.0232	0.0016	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0249
			Sub-Total:	0.5104	0.3547	0.0897	0.0016	0.0000	0.0000	0.9564
			Ventos Calmos:							0.0436

Fonte: EMET/CDTN, 2010.

Temperatura do ar

A temperatura anual média para o ano de 2010 foi de 22,1 °C. A temperatura máxima ocorreu no mês de outubro, 33,5 °C, mas na média o mês mais quente foi fevereiro (25,4 °C). A temperatura mínima

ocorreu no mês de junho, que também foi na média o mais frio (18,5 °C). Um resumo dos dados mensais de temperatura está apresentado na Tabela 4.

Umidade Relativa do Ar

A média da umidade do ar no período analisado foi de 65,8%. Os meses mais secos foram agosto (49,1%) e setembro (54,7%), sendo que nesses dois meses a mínima chegou próxima aos 16%. Os meses de novembro e dezembro foram os mais úmidos (78,8 e 75,3%), conforme apresentado na Tabela 4.

Pressão Atmosférica

No ano de 2010, a média anual para a pressão atmosférica foi de 918,5 mbar, a mínima foi de 907,1 mbar em dezembro e a máxima de 927,6 mbar em agosto, valores também resumidos na Tabela 4. Ressalta-se que a altitude da Estação Meteorológica do CDTN/CNEN é de 857 m acima do nível médio do mar.

Radiação Solar

As médias e máximas mensais da incidência de radiação global e a quantidade de horas de insolação estão apresentadas na Tabela 5 e na Figura 5. Observa-se a esperada maior quantidade de horas de insolação no verão em relação ao inverno. Os valores máximos de radiação solar também apresentam o mesmo comportamento. Entretanto, as médias mensais não variam muito considerando as informações anteriores. Isto se justifica em função da influência da nebulosidade, que apresenta maiores valores no período de chuva (outubro-abril) e menores valores no período de seca (maio-setembro).

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH

Tabela 4 – Médias, máximos e mínimos para temperatura, umidade e pressão.

Meses	Temperatura			Umidade			Pressão		
	(Celsius)			Relativa (%)			(mbar)		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Janeiro	18.0	24.7	31.8	33.1	66.7	98.8	913.5	917.7	923.2
Fevereiro	17.8	25.4	33.5	32.6	61.8	98.3	912.4	917.5	922.7
Março	18.1	23.9	31.9	37.9	74.1	99.2	911.0	916.9	922.3
Abril	13.5	22.4	30.7	33.3	67.2	98.4	910.4	918.7	924.2
Mai	9.2	20.8	29.2	24.4	67.7	96.7	913.8	918.6	923.3
Junho	9.1	18.5	28.1	26.8	64.5	94.0	916.3	922.1	926.4
Julho	13.5	19.9	28.8	27.5	62.0	87.5	907.7	922.7	927.3
Agosto	9.8	20.4	29.1	16.2	49.1	86.3	916.8	921.7	927.6
Setembro	14.5	22.0	30.8	16.3	54.7	99.2	911.9	919.5	925.7
Outubro	15.2	22.4	33.0	19.2	67.7	98.7	909.0	916.6	922.4
Novembro	16.9	21.7	32.1	30.3	78.8	99.0	907.8	915.6	921.7
Dezembro	18.1	23.6	31.9	31.8	75.3	99.2	907.1	914.1	920.9
	9.1	22.1	33.5	16.2	65.8	99.2	907.1	918.5	927.6

Fonte: EMET/CDTN, 2010.

Tabela 5 – Médias, máximos e totais para radiação solar e chuva.

Meses	Rad. Solar Glb			Precipitação				
	[W/m ²]		NºHrs	(mm)			NºDias	NºHoras
	Méd	Máx		Total	Máx dia	Máx Hor		
Janeiro	442	1250	1516	147.9	53.4	18.8	13	59
Fevereiro	479	1189	1429	85.4	60.6	34.0	7	23
Março	385	1148	1405	223.2	70.5	27.9	19	83
Abril	385	1065	1226	43.6	31.9	11.6	7	21
Mai	321	898	1363	22.4	10.6	6.2	6	24
Junho	319	840	1309	1.0	0.5	0.5	4	4
Julho	325	909	1376	0.0	0.0	0.0	0	0
Agosto	445	1052	1397	0.1	0.1	0.1	1	1
Setembro	474	1117	1430	53.3	25.0	19.5	5	24
Outubro	403	1127	1445	155.8	41.7	23.2	11	50
Novembro	303	1208	1298	353.1	98.5	32.3	20	136
Dezembro	349	1260	1345	251.2	49.8	13.7	20	128
	385.8	1260.0	16539	1337.0	98.5	34.0	113	553

Fonte: EMET/CDTN, 2010.

TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS DE 2010
DA AWOS NO CDTN-BH

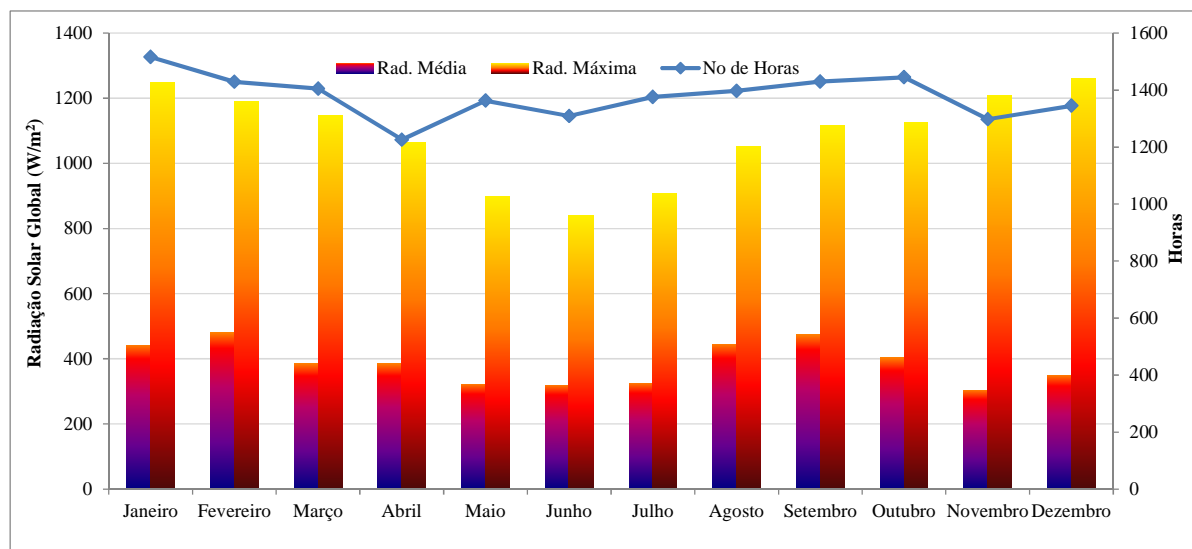


Figura 5– Variação da radiação solar – 2010 – EMET/CDTN.

Precipitação Pluviométrica

A chuva se concentrou em 6 meses (primavera/verão) com 84,5% do total anual de 1337 mm. Esse total foi inferior ao valor normal para a região (1464 mm). O número de dias chuvosos (113), entretanto, foi superior ao valor normal (~108). Sabe-se que o tipo de precipitação está associado ao período sazonal. Assim, têm-se no verão valores acima de 40 mm/h, chuvas moderadas na primavera e outono, e períodos de chuva fraca no inverno - valores menores que 2,5 mm/h. Essas variações são facilmente observadas no gráfico contido na Figura 6.

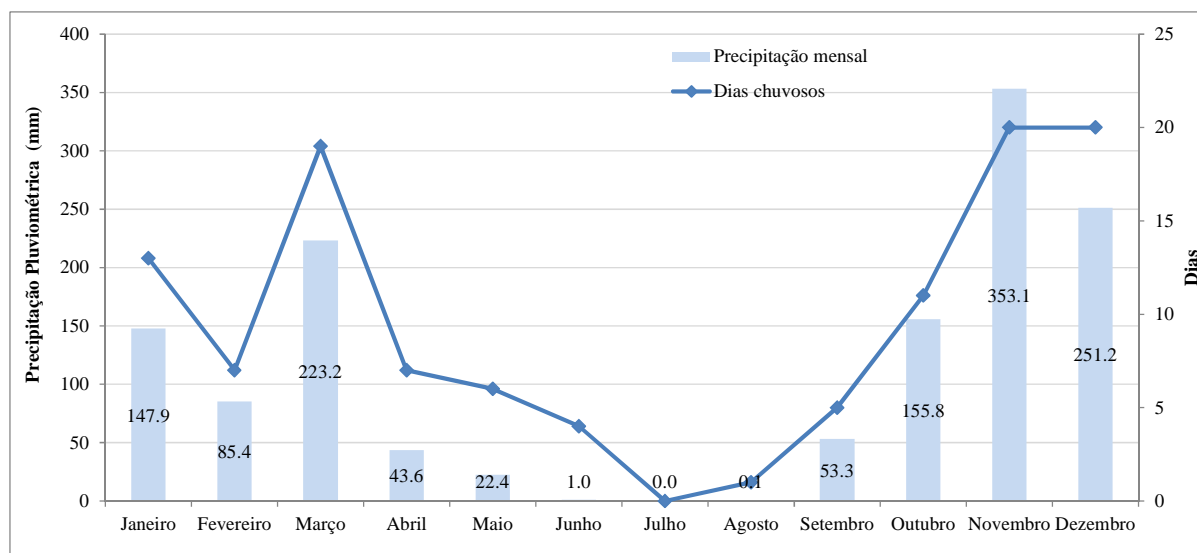


Figura 6 – Precipitação atmosférica – 2010 – EMET/CDTN.

Máximos e mínimos absolutos – valores extremos

Conforme foi apresentado, a cada hora exata a AWOS do CDTN é programada para armazenar os valores extremos registrados naquela hora. Assim, a seguir são apresentadas as principais informações relativas a 2010:

- Umidade relativa do ar a 10 metros: o valor mínimo absoluto foi igual a 12,9 % registrado às 14:21 do dia 246 (03/set). Valores abaixo de 15 % também foram registrados nos dias 233 (21/ago) – 2 vezes, 238 (26/ago) – 4 vezes e 282.
- Temperatura do ar a 10 metros: o valor mínimo absoluto foi igual a 8,9 °C registrado às 6:03 do dia 164 (13/jun). No dia 165 (14/jun) também foram registrados valores abaixo de 10 °C às 4:00, 5:00 e 6:59. Nos dias 134 (14/mai) e 158 (7/jun) também foram registrados valores abaixo de 10 °C. O valor máximo absoluto foi igual a 34,1°C e foi registrado às 14:50 e 15:30 do dia 48 (17/fev).
- Velocidade do vento a 10 metros: o valor máximo absoluto foi igual a 19,1 m/s (69 km/h) que ocorreu no dia 342 (8/dez) às 16:21. Houve 18 ocorrências de velocidades do vento superiores a 10 m/s (36 km/h), uma em janeiro, uma em fevereiro, três em março, seis em setembro, quatro em outubro e duas em novembro. Dessas dez ocorreram entre 15:00 e 20:00 horas. O valor mínimo absoluto registrado foi igual a 0,6 m/s, o que indica que não houve um período de completo de uma hora com calmaria, ou seja, velocidades abaixo de 0,5 m/s.
- Velocidade do vento a 40 metros: o valor máximo absoluto foi igual a 27,1 m/s (98 km/h) que ocorreu no dia 342 (17/fev) às 16:20. Houve 11 ocorrências de velocidades do vento superiores a 15 m/s (54 km/h), uma em janeiro, uma em fevereiro, quatro em março, três em outubro, uma em novembro e uma em dezembro. Dessas oito ocorreram entre 15:00 e 20:00 horas.
- Pressão atmosférica a 1,5 metros: o valor mínimo absoluto foi igual a 906,8 mbar que ocorreu no dia 347 (13/dez) entre às 15:45 e 17:07 (três ocorrências). Os 10 maiores valores absolutos ficaram entre 927,3 e 927,8 mbar. Eles ocorreram 7 vezes em julho e 3 vezes em agosto.
- Radiação solar global a 1,5 metros: os 10 maiores valores de radiação global ficaram entre 1590 e 1617 W/m². Desses 2 ocorreram em janeiro, 2 em fevereiro, 3 em novembro e 3 em dezembro. Todos entre 11:00 e 12:00 horas.

Para a precipitação pluviométrica, observa-se na Tabela 5, que o maior valor acumulado em uma hora foi igual a 34 mm e o acumulado máximo diário foi igual a 98,5 mm. O máximo acumulado mensal foi de 353,1 mm ocorrido durante o mês de novembro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento meteorológico realizado de maneira automática trouxe diversas possibilidades de registros que contribuem para um melhor conhecimento do comportamento dos elementos do clima. A programação da investigação dos sensores e a forma de armazenamento dos resultados parciais, sejam essas médias, mínimos, máximos e desvios padrões é fundamental para o bom de uma AWOS.

No CDTN o objetivo principal de sua AWOS é a formação de dados para investigação de questões de dispersão atmosférica e de eventos extremos. Entretanto, o intercâmbio com outras instituições de pesquisa tem ampliado a aplicação das informações geradas nessa estação.

Nesse trabalho inicialmente divulgado a metodologia de consolidação das informações geradas. Essa metodologia esta em desenvolvimento constante e espera-se, num futuro próximo, obter um aplicativo que automatize o máximo esse processo.

Observou-se que as informações de estações convencionais não são suficientes para o estabelecimento dos limites que definem as sinalizações de dados com probabilidade de falha, principalmente devido à

baixa periodicidade da investigação dos sensores. Os valores extremos, base para essas definições, ainda requerem maior atenção dos operados dessas AWOS.

Em relação aos dados da AWOS do CDTN para o ano de 2010, procurou-se apresentar as principais informações que contribuíssem para a caracterização do comportamento dos elementos climáticos investigados nesse desse período.

Alguns pontos merecem destaques, são eles:

- a concentração da distribuição da direção do vento no quadrante leste;
- os registros de rajadas de vento superiores a 50 km/h com razoável frequência;
- os baixos valores de umidade relativa (<20%) registrados que associados às altas temperaturas implicam numa condição de risco à saúde;

Finalmente, destaca-se que a experiência de operar uma AWOS localizada em um Centro de Pesquisa, tem evidenciado a importância do intercâmbio com os diversos setores que utilizam informações meteorológicas. Esse contato cria possibilidades de investigação de novos parâmetros e de aprimoramento do programa de investigação dos sensores visando o abastecimento de informações para tipos de pesquisas cada vez mais diversos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, A.A.; F.L.A. Alberto, V.M.F. Jacomino, Análise do processo de dispersão de emissões atmosféricas visando a escolha da posição de uma fonte emissora – Estudo de caso. XVI CBMET, 2010, Belem - Pa.

Barreto, A.A.; F.L.A. Alberto, P.C.H. Rodrigues, Estudo das informações meteorológicas da região da Pampulha em Belo Horizonte no período de 1997 a 2009. IX SBCG, 2010, Fortaleza - Ce.

CNEN-NE 1.22, Programas de meteorologia de apoio de usinas nucleoeletricas. RJ 1989

INMET, 2009. Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. ISBN: 978-85-62817-01-4.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. Office of Air and Radiation. Office of Air Quality Planning and Standard. Research Triangle Park, 2000.

WMO-Nº 8, Guide to meteorological instruments and methods of observation, Geneva, Switzerland, 2008.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio dado ao trabalho.