

Análise sazonal dos ventos de superfície utilizando estação meteorológica automática

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma análise sazonal dos ventos de superfície registrados por uma estação meteorológica automática entre os meses de Fevereiro e Dezembro de 2014. Os dados foram agrupados para o Verão, Outono, Inverno e Primavera, e visualizados utilizando diagramas de frequência e rosa dos ventos. O objetivo deste estudo é gerar uma climatologia do escoamento superficial nos arredores de um experimento onde as temperaturas internas de dois ambientes fechados idênticos são registradas para verificar a influência de telhado verde no controle térmico passivo. Os resultados indicaram que os ventos predominantes em 2014 foram de Sul e Leste. Inverno, primavera e verão foram as estações com os ventos mais intensos no período em análise. Também se verificou uma incidência significativa de ventos calmos (velocidades < 0,5 m/s) durante o outono e verão.

PALAVRAS-CHAVE: Rosa dos Ventos. Diagrama de Frequência. Climatologia.

André Luiz Pavanate

andrelpavanate@gmail.com

orcid.org/0000-0003-3916-0768

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Luciano Fleischfresser

lffe@utfpr.edu.br

orcid.org/0000-0003-1416-7752

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve atividades realizadas dentro do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Analisou-se dados coletados pela estação meteorológica modular modelo Novalynx 110-WS-16 (NOVALYNX CORP, 2006). O equipamento está configurado para medir sete parâmetros meteorológicos: velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar, precipitação e pressão barométrica. Os dados de direção e velocidade do vento foram agrupados por estação do ano e uma análise sazonal foi realizada.

MÉTODOS

A análise do escoamento da baixa atmosfera é importante nas mais variadas aplicações. Por exemplo, Pimentel et al. (2014) apresentam um estudo para a região metropolitana do Rio de Janeiro, analisando efeitos da topografia como também a relação com as brisas marítima e terrestre como ferramenta de auxílio na gestão ambiental do município. Outra aplicação importante é a caracterização do escoamento nas vizinhanças de aeroportos e bases de veículos lançadores de satélite como estudo diagnóstico (SILVA et al., 2009; GISLER; FISCH; CORREA, 2011). Análises da estabilidade atmosférica nos arredores de usinas nucleares (OLIVEIRA JR.; PIMENTEL; LANDAU, 2010) e estudos de morfodinâmica dunar para identificar vestígios arqueológicos (SILVEIRA; SERPA, 2015) são outros exemplos de aplicação de metodologia similar à utilizada neste estudo. Por fim, estudos do potencial eólico para uma dada região, como descrito por Brackmann et al. (2009), utilizam análises de distribuição de frequência e rosa dos ventos para planejar a instalação de parques eólicos.

Neste estudo, a análise eólica visa caracterizar o escoamento nos arredores de um experimento de telhado verde realizado dentro do Campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde duas caixas-teste tem suas temperaturas internas monitoradas continuamente para estabelecer os padrões de transferência de calor no interior das mesmas. O escoamento na baixa atmosfera tem influência direta na evapotranspiração de plantas, processo este que afeta a regulação térmica proporcionada por telhados verdes.

Nas figuras abaixo são mostrados, respectivamente, o termômetro eletrônico com termopares, a estação meteorológica, os sensores de direção e velocidade do vento, e um esboço mostrando as posições relativas das caixas-teste e estação meteorológica durante o ano de 2014.

TERMÔMETRO ELETRÔNICO

O termômetro digital MT-600 da marca Minipa (Figura 1) tem capacidade para até 10.000 valores de temperatura. Temperaturas são registradas a cada 30 minutos. Um dos termopares fica suspenso, medindo a temperatura do ar no ambiente interno, e o outro é fixado com pasta térmica na superfície da telha de fibrocimento, medindo então a temperatura de contato internamente. A troca das baterias ocorre a cada duas semanas, quando então o termômetro é levado ao laboratório para arquivar os dados armazenados em memória. Novas baterias

são instaladas e é dada continuidade ao experimento. Os registros do termômetro formam então um banco de dados para o experimento de telhado verde.

Figura 1 – Termômetro eletrônico Minipa MT-600



Fonte: Autoria própria (2017).

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

A estação automática está mostrada na Figura 2. Ao todo foram registrados 5.690 dados de direção e velocidade do vento entre os meses de Fevereiro e Dezembro de 2014. O intervalo predominante de coleta foi de 30 minutos, com curto período no início do ano onde este intervalo foi de 15 minutos.

Figura 2 – Estação meteorológica automática



Fonte: Novalynx Corporation (2006).

SENSORES DE DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

Os sensores de direção e velocidade do vento são do tipo palheta e anemômetro de 3-copos respectivamente, ambos montados num mesmo eixo (Figura 3). O anemômetro é um sensor de contato que, quando acionado pelo vento, ativa gatilhos momentâneos que mantém uma relação direta com a velocidade do vento. Já a medição da direção pela palheta utiliza um potenciômetro para detectar mudanças de direção. A posição do ponteiro do potenciômetro produz uma voltagem analógica correspondente à posição da palheta. A resolução deste sensor é de 1° (azimute), ou 16 pontos cardinais (NOVALYNX CORP, 2004).

Figura 3 – Sensores de direção e velocidade do vento



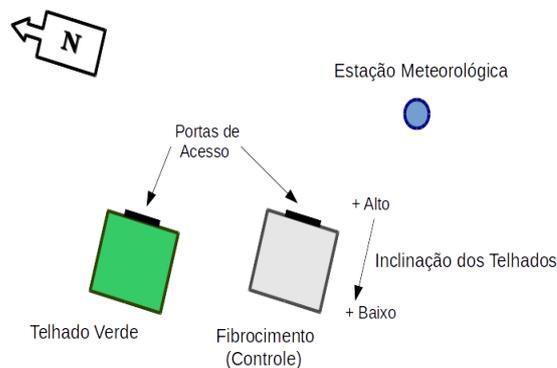
Fonte: Novalynx Corporation (2004).

EXPERIMENTO DE TELHADO VERDE

Na figura 4 está mostrada uma vista de cima da disposição dos protótipos e da estação meteorológica. Os protótipos foram confeccionados com placas de compensado naval, e cobertos com telhas de fibrocimento de 4 mm de espessura, gerando dois espaços fechados capazes de abrigar um adulto em pé em cada um deles. Em um dos protótipos, módulos de telhado verde foram instalados sobre o fibrocimento. Estes módulos consistiam em caixas de madeira sobrepostas por camada de impermeabilização, camada de filtragem, substrato, e placas de grama *Zoysia* japônica da família Poaceae.

A estação meteorológica foi instalada a menos de 10 metros de distância dos protótipos para garantir que os dados fossem representativos das condições locais do experimento.

Figura 4 – Posições dos protótipos e estação meteorológica (fora de escala)



Fonte: Autoria própria (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados aqui analisados correspondem aos dados de direção e velocidade do vento coletados durante o ano de 2014. As informações foram agrupadas por estações do ano, e aqui apresentadas em tabelas de ocorrência, gráficos de distribuição de frequência e as rosas de vento correspondentes.

De modo geral, os ventos foram de intensidades baixas, não ultrapassando 8,8 m/s (aproximadamente 30 km/h) durante o ano de 2014 (Tabelas 1 a 4). Os dados são médias temporais de 30 minutos em que valores para calcular as médias são registrados com resolução de 5 segundos. Deste modo, são 12 valores por minuto totalizando 360 registros de direção e de velocidade utilizados para fazer uma média que resulta em um valor para cada variável. Ocorreram rajadas de vento acima dos 50 km/h.

Tabela 1 – Frequência de ocorrência para o Verão (4 de Fev. a 23 de Mar.)

Classes (m/s) →	0,5–2,1	2,1–3,6	3,6–5,7	5,7–8,8	8,8–11,1	≥11,1	Total
Direções (°) ↓							
315-45	79	87	18	0	0	0	184
45-135	154	112	24	1	0	0	291
135-225	131	48	46	5	0	0	230
225-315	82	8	0	0	0	0	90
Sub-total	446	255	88	6	0	0	795
Ventos Calmos							265
Faltantes /Incomp.							1
Total							1061

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 2 – Frequência de ocorrência para o Outono (23 de Mar. a 10 de Jun.)

Classes (m/s) →	0,5–2,1	2,1–3,6	3,6–5,7	5,7–8,8	8,8–11,1	≥11,1	Total
Direções (°) ↓							
315-45	83	40	10	0	0	0	133
45-135	267	190	16	0	0	0	473
135-225	269	108	21	1	0	0	399
225-315	151	9	0	0	0	0	160
Sub-total	770	347	47	1	0	0	1165
Ventos Calmos							436
Faltantes /Incomp.							1
Total							1602

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 3 – Frequência de ocorrência para o Inverno (21 de Jul. a 20 de Set.)

Classes (m/s) →	0,5–2,1	2,1–3,6	3,6–5,7	5,7–8,8	8,8–11,1	≥11,1	Total
Direções (°) ↓							
315-45	53	31	18	0	0	0	102
45-135	96	108	17	0	0	0	221
135-225	202	96	27	0	0	0	325
225-315	136	31	0	0	0	0	167
Sub-total	487	266	62	0	0	0	815
Ventos Calmos							186
Faltantes /Incomp.							1
Total							1002

Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 4 – Frequência de ocorrência para a Primavera (29 de Set. a 23 de Dez.)

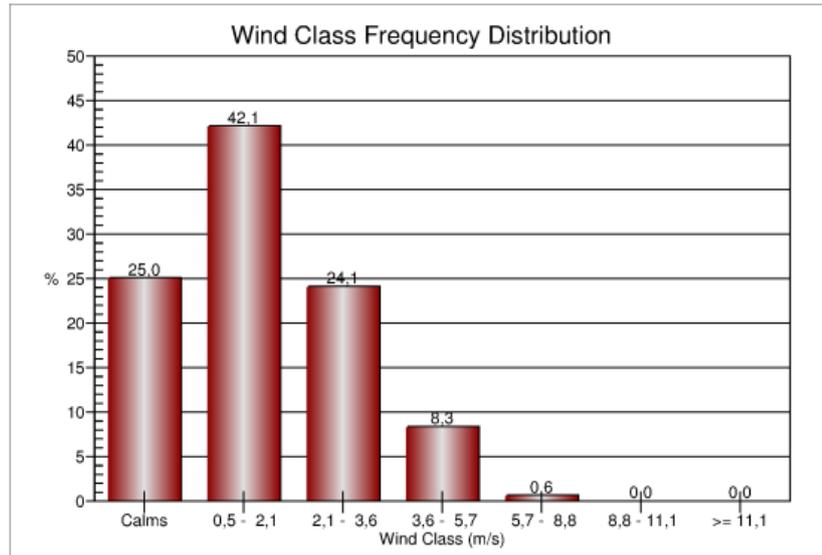
Classes (m/s) →	0,5–2,1	2,1–3,6	3,6–5,7	5,7–8,8	8,8–11,1	≥11,1	Total
Direções (°) ↓							
315-45	153	79	15	0	0	0	247
45-135	396	306	28	1	0	0	731
135-225	282	178	51	6	0	0	517
225-315	183	14	2	0	0	0	199
Sub-total	1014	577	96	7	0	0	1694
Ventos Calmos							330
Faltantes /Incomp.							1
Total							2025

Fonte: Autoria própria (2016).

Observa-se que a primavera teve ventos mais intensos, mas há de se notar que o número de registros para a primavera representou 36% do total. O outono representou 27%, o verão 19%, e o inverno 18% respectivamente. Levando em conta que a quantidade de dados coletados para o verão foi menor do que para a primavera, é plausível afirmar que o verão de 2013-14 apresentou ventos mais intensos do que a primavera.

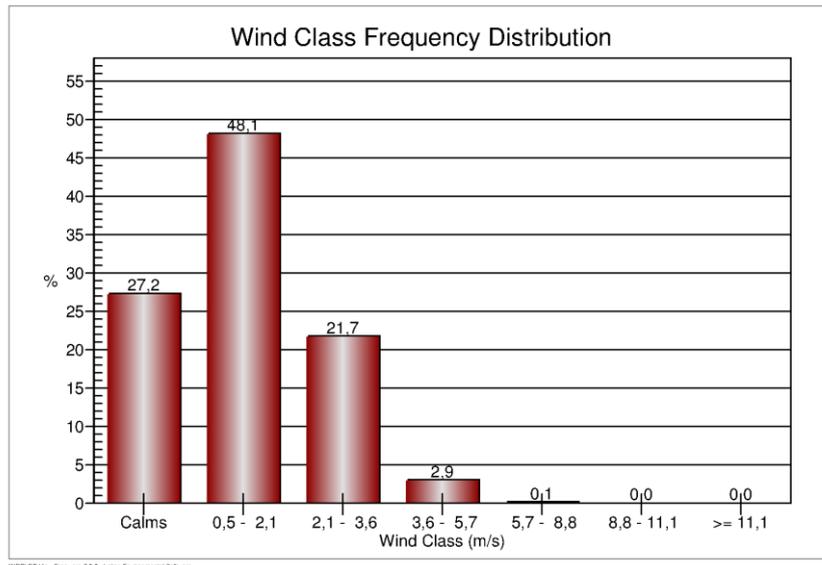
Também é importante salientar a distribuição da incidência de “calmos” (velocidade inferior a 0,5 m/s). O outono apresentou a maior incidência de ventos calmos (27% do total), seguido pelo verão (25%), inverno (19%) e primavera (16%). O verão, apesar da maior incidência de ventos intensos (5,7 a 8,8 m/s), também apresentou percentagem relativamente elevada de ventos calmos (Figuras 5 a 8).

Figura 5 – Distribuição de frequência: verão (04/02 a 23/03)



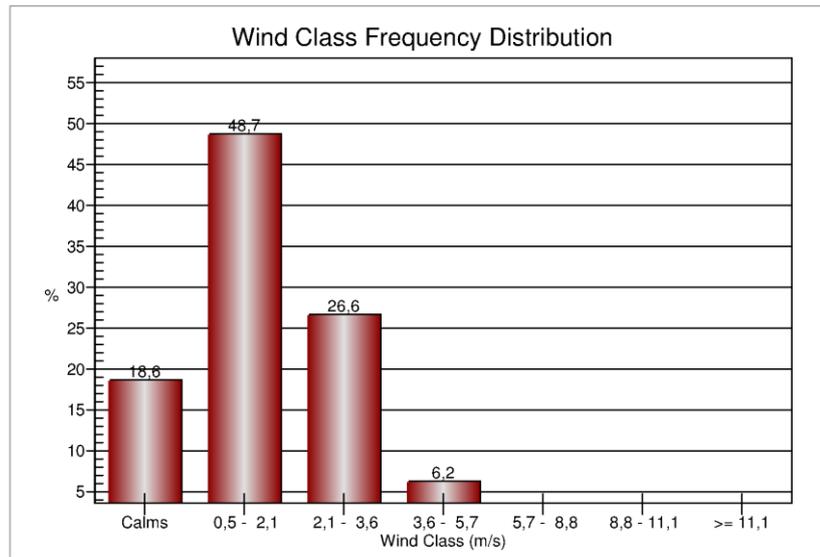
Fonte: Autoria própria (2016).

Figura 6 – Distribuição de frequência: outono (23/03 a 10/06)



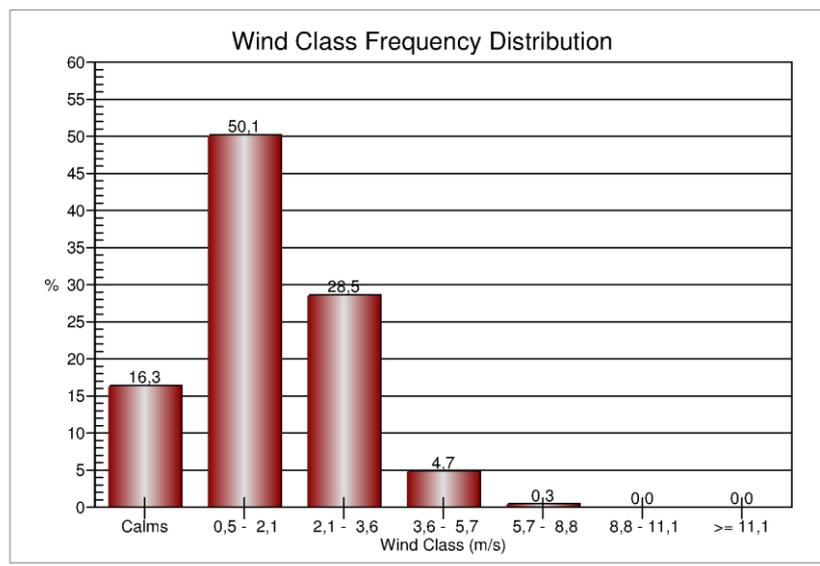
Fonte: Autoria própria (2016).

Figura 7 – Distribuição de frequência: inverno (21/07 a 20/09)



Fonte: Autoria própria (2016).

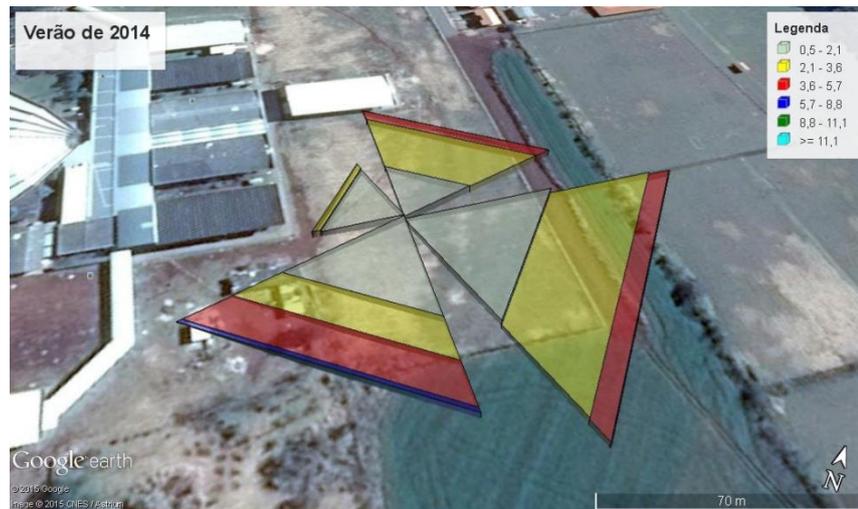
Figura 8 – Distribuição de frequência: primavera (29/09 a 23/12)



Fonte: Autoria própria (2016).

As rosas de ventos são apresentadas nas Figuras 9, 10, 11 e 12. Elas estão centradas nas coordenadas geográficas da posição da estação meteorológica. Nota-se, por exemplo, que ventos dos quadrantes sul e leste representam as parcelas mais significativas durante todo o período em análise. Estas direções representam áreas abertas no Campus, as quais não ficam sujeitas à bloqueios devido à área construída.

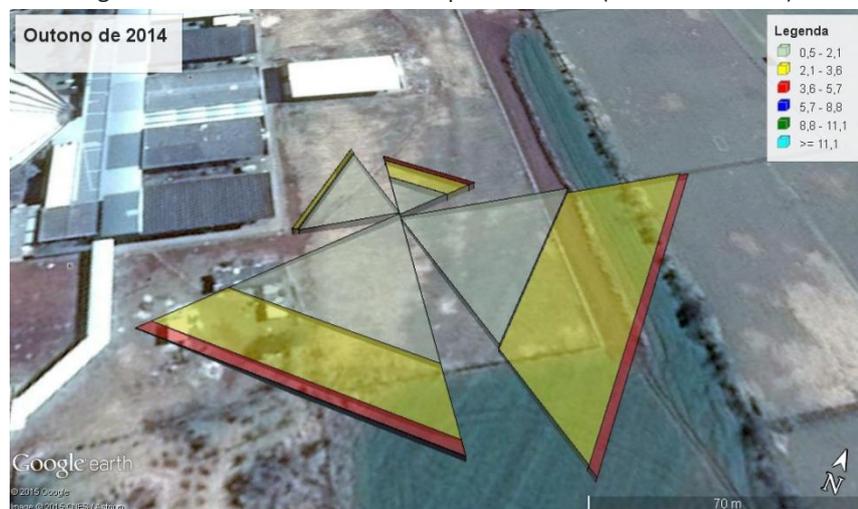
Figura 9 – Rosa dos ventos com quatro classes (Verão de 2014)



Fonte: Autoria própria (2016).

O verão apresentou também uma contribuição importante de ventos advindos do norte (Figura 9). Esta estação do ano é caracterizada pela baixa incidência de sistemas frontais, os quais se movimentam, tipicamente, de latitudes mais altas para latitudes mais baixas (sul/sudoeste para o norte/nordeste no Hemisfério Sul).

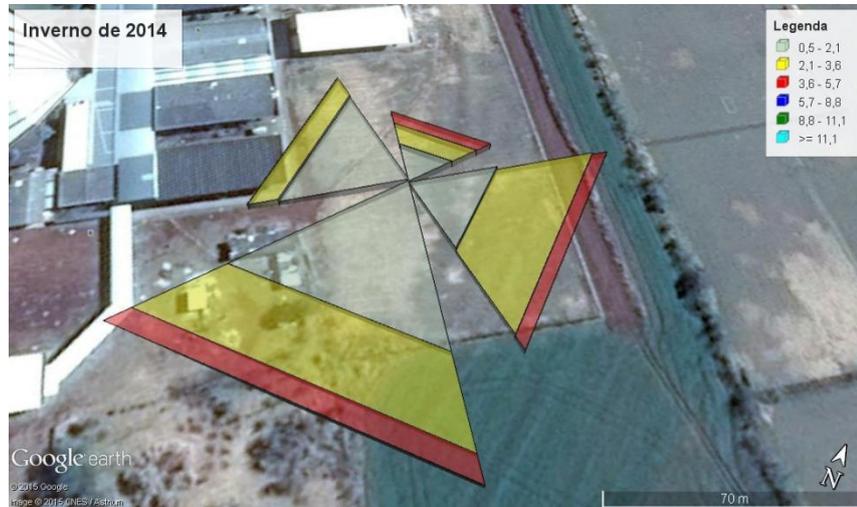
Figura 10 – Rosa dos ventos com quatro classes (Outono de 2014)



Fonte: Autoria própria (2016).

Outra observação é a baixa incidência de ventos advindos do quadrante oeste em praticamente todas as estações do ano. A presença de área construída à esquerda do experimento é a causa mais provável para esta constatação (Figuras 9, 10 e 12). O inverno é exceção (Figura 11), sugerindo a maior incidência de sistemas frontais durante a estação mais fria do ano. Embora as imagens não mostrem, um novo bloco estava sendo levantado à esquerda do experimento, adjacente ao último bloco mostrado. Durante o inverno foi possível detectar uma canalização do escoamento entre estes dois prédios quando a rosa dos ventos é feita com mais de quatro classes (não mostrado). Este aspecto também contribuiu para uma incidência maior de ventos de oeste durante o inverno.

Figura 11 – Rosa dos ventos com quatro classes (Inverno de 2014)



Fonte: Autoria própria (2016).

Figura 12 – Rosa dos ventos com quatro classes (Primavera de 2014)



Fonte: Autoria própria (2016).

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados obtidos durante a análise dos dados de vento (direção e velocidade) diários obtidos em intervalos de meia-hora a partir da estação meteorológica automática da UTFPR Campus Campo Mourão. A análise compreendeu a interpretação de tabelas de distribuições de frequência de quatro classes de vento escolhidas com base nas velocidades típicas registradas durante as quatro estações do ano em 2014. Também foram analisados histogramas destas distribuições de frequência e as rosas de vento correspondentes.

Os resultados indicaram que ventos das direções leste e sul predominaram em 2014, e que a parcela de calmos (ventos com velocidades inferiores a 0,5 m/s) foi bastante significativa. O verão também mostrou que ventos de norte

contribuíram durante o período, refletindo a ausência de sistemas frontais (frentes frias), que são típicas de inverno, e, com menor incidência, também durante outono e primavera.

Seasonal analysis of surface winds using an automatic weather station

ABSTRACT

In this work, we describe a seasonal analysis of surface winds acquired with an automatic weather station from February through December 2014. Data were grouped for Summer, Fall, Winter and Spring and displayed through frequency diagrams and wind roses. The goal of this study is to produce wind climatology where a green roof experiment took place. In this green roof experiment, indoor temperatures for two test-cells are monitored to understand the passive thermal control process. Results showed that southerly and easterly winds prevailed in 2014. Winter, Spring and Summer had more intense winds during the analysis period. Calms (wind speeds < 0.5 m/s) occurred more often during Fall and Summer.

KEYWORDS: Wind Rose. Frequency diagram. Climatology.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Programa de Iniciação Científica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela oportunidade oferecida para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRACKMANN, R.; CECONI, M.; MARTINS, F. R.; SCHUCH, N. J.. Avaliação do potencial eólico da região central do Rio Grande do Sul. In: **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. 27-30 Julho, 2009. *Anais...* Uberlândia, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/84822341.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

GISLER, C. A. F.; FISCH, G.; CORREA, C. S.. **Análise estatística do perfil de vento na camada limite superficial no centro de lançamento de Alcântara**. Journal of Aerospace Technology and Management, São José dos Campos, v. 3, n. 2, p.193-202, mai./ago. 2011. <http://dx.doi.org/10.5028/jatm.2011.03022411>.

NOVALYNX CORPORATION. **Model 200-WS-02E Wind Speed & Direction Sensor. Instruction Manual**. Revision Date: nov. 2004. Disponível em: <<http://novalynx.com/manuals/200-ws-02e-manual.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

NOVALYNX CORPORATION. **Model 110-WS-16 Modular Weather Station with firmware version 4.0.8 and higher. Instruction Manual**. Revision Date: nov. 2006. Disponível em: <<http://novalynx.com/manuals/110-ws-16-a-manual.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

OLIVEIRA JR., J. F.; PIMENTEL, L. C. G.; LANDAU, L.. **Crítérios de estabilidade atmosférica para a região da central nuclear Almirante Álvaro Alberto, Angra dos Reis - RJ**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p. 270-285, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a11v25n2.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

PIMENTEL, L. C. G.; MARTON, E.; SILVA, M. S.; JOURDAN, P.. **Caracterização do regime de vento em superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Engenharia Sanitária e Ambiental., v. 19, n. 2, p. 121-132, abr./jun. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000200003>.

SILVA, A. B.; SILVA, P. K. O.; ARAGÃO, M. R. S.; CORREIA, M. F.. Análise do vento no aeroporto internacional do Recife, Pernambuco: Biênio 2007-2008. In: **VI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande**. PIBIC/CNPq/UFCG, 2009. *Anais...* Campina Grande: UFCG, 2009. ISSN 2177-112X.

Disponível em:
<[http://pesquisa.ufcg.edu.br/anais/2009/ece/content/engenharias_e_ciencias_e_xatas/Meteorologia/Alexsandra Barbosa.doc](http://pesquisa.ufcg.edu.br/anais/2009/ece/content/engenharias_e_ciencias_e_xatas/Meteorologia/Alexsandra%20Barbosa.doc)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SILVEIRA, C. S.; SERPA, C. G.. **Visibilidade de Vestígios Arqueológicos e sua Relação com a Morfodinâmica Dunar – Estudo de caso do sítio RS-LC: 73.** Cadernos do LEPAARQ, v. XII, n. 23, p. 94-122, 2015. ISSN 2316 8412. Disponível em: < <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/lepaarq/article/view/4871> >. Acesso em: 10 abr. 2017.

Recebido: 08 abr. 2016

Aprovado: 06 jun. 2017

DOI: 10.3895/rbgeo.v5n2.5499

Como citar: PAVANATE, A. L.; FLEISCHFRESSER, L. Análise sazonal dos ventos de superfície utilizando estação meteorológica automática. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 291-305, abr/jun. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

André Luiz Pavanate

Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, CEP 87301-899, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

