

SÃO SIMÃO, FRANCA E SÃO CARLOS: UMA ANÁLISE DOS ÍNDICES CLIMATOLÓGICOS E SUAS ASSOCIAÇÕES COM A IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL

Edson Salerno Junior (1); Lara Brito Ferreira Pires (2); Marcel Gonçalves da Trindade (3)

(1) Arquiteto e Urbanista, Doutorando em Tecnologia Ambiental - UNAERP, Mestre em Arquitetura - USP
esalerno@unaerp.br, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
Av. Costábile Romano, 2201, Ribeirão Preto/SP, 14096-900, Tel.: (16) 3603-7000 (Ramal 6799).

(2) Estudante de Arquitetura, lara_ese@hotmail.com, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Av.
Guilhermina Cunha Coelho, 230, apto 104 bloco 5, Ribeirão Preto/SP, 14021-520, Tel.: (24) 98182-0135.

(3) Estudante de Arquitetura, marcel.gt84@gmail.com, Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), Av.
Guilhermina Cunha Coelho, 230, apto 104 bloco 5, Ribeirão Preto/SP, 14021-520, Tel.: (16) 996388300.

RESUMO

A arquitetura, neste início de século, tem mostrado que é capaz de se transformar em fonte de captação de energia, abrindo novas possibilidades para o uso de energias renováveis criando uma linguagem arquitetônica específica. Neste sentido, nota-se, ainda, um grande caminho a ser percorrido pelo Brasil. Esta pesquisa tem como foco identificar qual a melhor tecnologia a ser empregada nas cidades de São Simão, São Carlos e Franca, localizadas no Estado de São Paulo, a fim de buscar a produção de uma arquitetura de maior desempenho energético com o uso de energias alternativas. Para essa pesquisa foram utilizados dados encontrados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), com as medições dos últimos 20 anos (de 1996 a 2016), feitas mensalmente, dos respectivos aspectos climáticos: velocidade do vento média, insolação total, precipitação total, temperatura máxima média e umidade relativa média. A troca de informações sobre essas cidades permitiu que fossem traçadas as suas principais características climáticas e que fossem gerados gráficos que possibilitaram a análise e comparação de dados, destacando as diferenças ocorridas no decorrer dos anos. Os resultados obtidos permitiram uma percepção para se determinar que a tecnologia de captação de energia solar é mais adequada para esta região em comparação com a utilização de energia eólica. Esse resultado advém do baixo potencial eólico das três cidades, que apresentam índices de vento inconstantes, contrariamente aos seus índices de insolação, como foi averiguado por meio da análise climatológica realizada recorrendo aos dados técnicos encontrados.

Palavras-chave: energia renovável, desempenho energético, aspectos climatológicos.

ABSTRACT

Architecture, at the beginning of this century, has shown that it is capable of transforming itself into a source of energy capture, opening up new possibilities for the use of renewable energies by creating a specific architectural language. In this sense, there is still a long way to be covered in Brazil. Therefore, this research focuses on identifying which is the best technology to be used in the cities of São Simão, São Carlos and Franca, in the State of São Paulo, in order to seek the production of an architecture of greater energy performance through the use of alternative energies. For this research were used data found in the Database of Meteorological Data for Teaching and Research (BDMEP), with measurements of past 20 years (from 1996 to 2016), conducted on a monthly basis, regarding the respective climatic aspects: average wind speed, total insolation, total precipitation, maximum temperature and relative humidity. The exchange of information about these cities provided the knowledge of their main climatic characteristics, as well as enabled the creation of graphics which are very useful to the analysis and comparison of the data, highlighting the differences occurred throughout the years. The results obtained allowed a perception to determine that the technology of capturing solar energy is more appropriate for this region compared to the use of wind energy. This result arises from the low wind potential of the three cities, which present inconstant wind indicators, contrary to their insolation, as verified through the climatological analysis performed using the technical data found. Keywords: renewable energy, energy performance, climatological aspects.

1. INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento pelo mercado da construção civil e da comunidade científica que atualmente a construção além de servir como abrigo e se integrar à paisagem em que se insere, deve cumprir seu papel ambiental de forma sustentável, isto é, respeitar o meio ambiente de forma responsável através de custos viáveis para execução e na determinação da origem dos materiais a serem utilizados na obra.

Dupont, Grassi e Romitti (2015) apontam que com o aumento significativo do consumo de energia global fica evidente a indispensabilidade de investimento em novas tecnologias que sejam economicamente viáveis para serem utilizadas em larga escala. Essas tecnologias devem refletir as preocupações ambientais com a capacidade de renovação dos recursos extraídos da natureza.

Abe Kruger e Carl Seville (2016) revelam que a noção de construção verde surge da necessidade de minimizar o impacto ambiental provocado pela construção e manutenção de um edifício. Associado a esse conceito há as energias renováveis, que buscam fontes naturais substanciais, como Sol e vento, que possibilitem o fornecimento de energia de forma mais limpa e sustentável.

Sabe-se que no Brasil há abundância de recursos para captação de energia renovável provenientes dos ventos e da radiação solar e ainda assim, sua utilização é tímida. Isso se dá devido aos altos custos para o uso destas tecnologias, fazendo com que o mercado da construção civil no país não apresente projetos que as contemplem. Além do valor, as turbinas de energia eólica e os painéis fotovoltaicos possuem dimensões que não se adequam à realidade brasileira, por serem desenvolvidos no exterior, onde as características de uso do solo, dimensões dos terrenos, características culturais e socioeconômicas são diferentes.

Dessa forma, devido a relação direta do uso de energia renovável com os recursos naturais, é necessário um estudo aprofundado que caracterize os aspectos geográficos de onde se deseja implantar uma tecnologia de captação desse tipo de energia, buscando, assim, determinar o equipamento e a fonte mais adequada.

Scudo (2013) revela que antes mesmo do processo projetual, uma atmosfera legal deve ser gerada, que propicie o desenvolvimento de tecnologias consideradas “verdes” na produção de materiais e também na captação de energia elétrica, e de estímulo para seu uso em novas construções ou em aplicações já existentes. Os elementos de captação de energia ou os equipamentos devem estar em plena harmonia com a própria edificação e com o ambiente urbano, não gerando estranheza por parte de quem vive no entorno, minimizando impactos visuais.

Ao mesmo tempo, turbinas eólicas e painéis fotovoltaicos devem estar localizados de forma a receberem o máximo possível de carga de ventos e de raios solares respectivamente. Dessa forma, o intuito dessa pesquisa foi o de realizar constatações sobre os aspectos climáticos da região de São Simão - SP, São Carlos - SP e Franca - SP, levando em consideração dados técnicos de insolação, ventos, precipitação, umidade e outros possíveis fatores que influem diretamente no clima do local, o que pôde ser descoberto através de pesquisas em bancos de dados e por meio da geração de gráficos, tornando possível a verificação sobre qual a mais adequada tecnologia de energia renovável, eólica ou solar, para essa área.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa de iniciação científica foi o de compilar dados das séries históricas climatológicas das cidades de São Simão - SP, São Carlos - SP e Franca - SP, obtidos através de dados técnicos publicados em *sites* de órgãos governamentais, procurando entender os principais aspectos climáticos da região, sendo possível, assim, verificar qual a tecnologia adequada a ser empregada na captação de energia em edificações residenciais e/ou comerciais nessas cidades.

3. MÉTODO

O método deste trabalho foi dividido em quatro etapas principais:

1. Levantamento de séries históricas climatológicas dos últimos vinte anos das cidades paulistas de São Simão, São Carlos e Franca e descrição do clima destas três cidades, para que fosse possível uma compilação de dados que gerasse gráficos que demonstrassem suas características climatológicas.
2. Descrição dos locais onde se inserem as estações meteorológicas utilizadas.
3. Análise exploratória das principais especificações técnicas de sistemas de captação de energia elétrica utilizando tecnologia eólica e de dados solarimétricos para descobrir a potencialidade de uso de energia fotovoltaica na região, relacionando com as características climáticas obtidas, com o objetivo de descobrir qual o sistema mais adequado a ser empregado nas cidades analisadas.

3.1. Levantamento das séries históricas climatológicas

Após pesquisa realizada através de *websites* e fontes secundárias, foram retirados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), medições dos últimos 20 anos, feitos mensalmente nas cidades paulistas de São Simão, São Carlos e Franca. O intervalo de 20 anos (1996 – 2016) foi escolhido devido ao fato de que este período permite englobar eventos climáticos importantes para a região analisada, possibilitando a observância de um padrão ou a falta do mesmo, sendo possível caracterizar com maior precisão os aspectos climáticos de cada cidade.

De acordo com reportagem veiculada no Jornal O Globo¹ (2014), uma pesquisa desenvolvida pelo Instituto de Ciências Atmosféricas e do Clima de Zurique, mostra que extremos climáticos se agravaram nos últimos 20 anos. Estes, fatores que, segundo a pesquisa, são consequências da captação de energia solar pelos oceanos enquanto que a temperatura da superfície terrestre se manteve constante, interferem direta ou indiretamente nos microclimas.

Desta forma, foram analisados vários espectros climáticos como a velocidade média do vento, necessário para verificar a viabilidade de captação eólica pelos equipamentos geradores; insolação total, que, por meio dos dados solarimétricos do Estado de São Paulo (2013), pode-se observar a quantidade de radiação solar no território analisado e verificar a potencialidade para a geração de energia através de tecnologia fotovoltaica; precipitação total – importante no sentido de que quanto menor a quantidade de luz natural em determinado local, menos energia as placas fotovoltaicas produzirão; temperatura máxima média e umidade relativa média, para que seja possível determinar se as placas fotovoltaicas sofrerão alguma influência na produção de energia, pois quanto mais alta a temperatura das placas, menos energia elas produzem.

A escolha das cidades em análise partiu de um recorte de um raio de 100km com centro em Ribeirão Preto – SP e pelo fato destas cidades apresentarem estações meteorológicas do INMET. São Simão – SP, é a cidade mais próxima de Ribeirão Preto, cerca de 50km, pertencente à região metropolitana de Ribeirão Preto, recentemente criada pelo Governo do Estado de São Paulo. Franca e São Carlos estão distantes 100km de Ribeirão Preto - SP em direções opostas (Figuras 1 e 2).

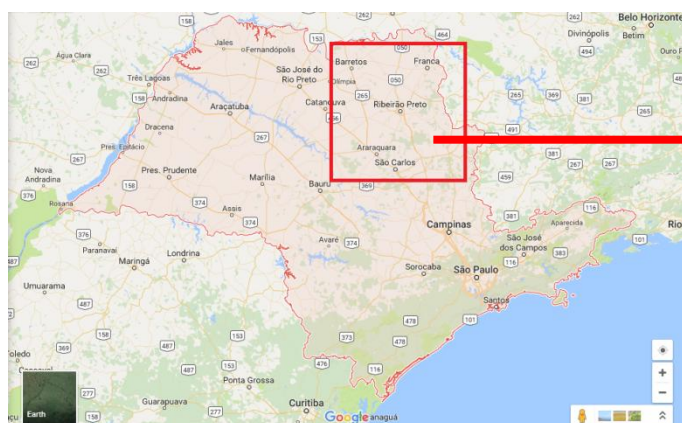


Figura 1 – Mapa do Estado de São Paulo (GOOGLE EARTH, 2017)

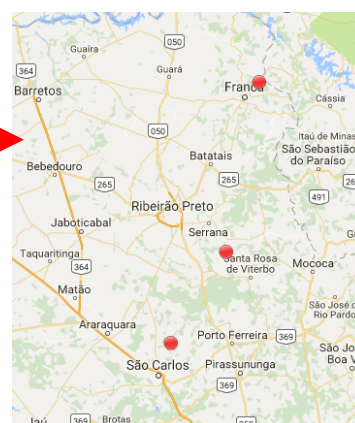


Figura 2 – Cidades de Franca, São Carlos e São Simão (INMET, 2016)

Foi necessário realizar a caracterização climatológica das três cidades, para a complementação dos dados fornecidos pelo INMET, abrindo a possibilidade de melhor compreender as relações entre seus climas específicos, as medições de vento e as solarimétricas.

Franca apresenta clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido, segundo dados da Prefeitura Municipal de Franca². Possui ventos dominantes a montante para o nordeste (lado nascente) e a jusante para o sudoeste (lado foz), temperatura máxima (média) de 25,60°C e mínima (média) de 14,84°C, umidade relativa do ar máxima (média) de 95% e mínima (média) de 38%. Além disso, a média mensal de precipitação pluviométrica de Franca é de 132,0mm (2001) e os meses com maior incidência de chuvas são

¹ GRANDELLE, R. Extremos climáticos se agravaram nos últimos 20 anos: Pesquisa contesta teoria de que aquecimento global foi interrompido. *O Globo*, Rio de Janeiro, 27 de fevereiro de 2014. Disponível em < <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/extremos-climaticos-se-agravaram-nos-ultimos-20-anos-11727682> >. Acessado em 02 de Dezembro de 2016.

² FRANCA. Prefeitura Municipal. Conheça Franca: Dados Demográficos. Franca, 2017. Disponível em < <http://www.franca.sp.gov.br/porta/cidade-dados.html> >. Acessado em 24 de Maio de 2017.

novembro e março.

De acordo com os dados do Site da Cidade de São Carlos³ - SP, a cidade tem clima temperado de altitude, apresenta verão chuvoso e inverno seco, precipitação de 1512mm, umidade relativa do ar no verão de 76% e no inverno de 54%. O vento predominante é nordeste.

Com relação à cidade de São Simão, foram encontrados dados climáticos não precisos, de fontes não oficiais, que caracterizam o clima como tropical, com alta pluviosidade no verão. Temperaturas médias de 24°C e pluviosidade média anual de 1474mm. É importante salientar a importância da realização de pesquisas climatológicas nesta região para que seja possível compreender melhor suas características climáticas e obter dados precisos.

3.2 Descrição das Estações Meteorológicas

De acordo com INMET, as estações meteorológicas do Instituto são divididas em automáticas, convencionais e radiossondas. As utilizadas pelo Instituto nas três cidades pesquisadas são as convencionais. Estas são compostas por sensores isolados que registram os seguintes parâmetros: pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento (INMET). Todos os dados são coletados e analisados por um observador que envia os dados para um centro de informações. Os dados de localização e de altitude das estações e dos municípios são coincidentes, que retratam a realidade climática local.

A estação de São Simão (Latitude: -21.483333°; Longitude: -47.55°) foi aberta em janeiro de 1920, a uma altitude de 617,39m. A de São Carlos (Latitude: -21.966667°; Longitude: -47.866667°) foi inaugurada em 24 de setembro de 1939 e está localizada a uma altitude de 856m e a estação de Franca (Latitude: -20.583333°; Longitude: -47.366667°) foi aberta em primeiro de janeiro de 1911, a uma altitude de 1026,2m.

3.3. Energia Eólica ou Fotovoltaica? Viabilidade e Potencialidade

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2015), as regiões Nordeste e Centro-Oeste do Brasil são as que mais recebem a incidência solar no território brasileiro, podendo variar de 18 MJ/(m².dia) a 22 MJ/(m².dia). Indica que na região do Brasil com maior incidência solar, esta atinge 6 kWh/(m².dia) (Nordeste), e atinge um índice mediano na região onde se localiza o Estado de São Paulo, com 5,3 kWh/(m².dia) e no sul do país, a incidência pode chegar a 4,5 kWh/(m².dia). Estes dados, se comparados com os da Europa, onde os melhores índices podem chegar a 3,5 kWh/(m².dia), fazem do Brasil um local propício para o uso de tecnologia fotovoltaica e mostra seu grande potencial gerador de eletricidade.

Quanto ao recurso eólico, em geral sua disponibilidade não é constante ao longo do ano, apresentando variações em função das alterações climáticas, das diferentes estações do ano, pelo microclima da região, por brisas terrestres e marítimas, rajadas, além da topografia que também pode influenciar nesse aspecto, podendo ter dados falhos quanto à determinação da distribuição, velocidade e ocorrência dos ventos de um local. (ROSSI, OLIVEIRA E ALÉ, 2009)

O Atlas Eólico do Estado de São Paulo (2012) sugere uma “Metodologia das Incertezas” baseada na teoria da propagação do erro, na tentativa de minimizar problemas com sensores de medição ou dados inconsistentes para avaliar a viabilidade de instalação de geradores eólicos em determinado território, através de medições anemométricas, extrapolação vertical, ajustes das simulações com medições anemométricas, variabilidade climática e modelagem espacial.

Por meio de pesquisa exploratória, foram observadas especificações básicas de microgeradores eólicos (Tabela 1). Segundo a Resolução Normativa REN 482/2012 da ANEEL (ANEEL, 2012), que foi alterada em 2015 pela REN 687-2015, os microgeradores são sistemas com potência igual ou de até 75 kW. Assim, possuem potência suficiente para produzir eletricidade para o abastecimento de pequenos consumidores, como residências e pequenos estabelecimentos comerciais.

A velocidade de vento de partida é a velocidade mínima de vento necessária para que o gerador eólico funcione e a nominal é a quantidade de vento necessária para que o gerador eólico atinja sua potência máxima. A compreensão dos valores apresentados na tabela abaixo permite identificar se o uso de energia eólica é viável ou não, a partir do estudo das características de velocidade dos ventos das cidades analisadas.

³ SITE DA CIDADE DE SÃO CARLOS. **São Carlos Oficial**: Dados Geográficos. Disponível em: <http://www.saocarlosocial.com.br/_fonte/canais.asp?c=95>. Acessado em 24 de Maio de 2017.

Tabela 1 – Especificações Técnicas dos Microgeradores Eólicos (BORNAY, ELETROVENTO e ENERGIA PURA)

Empresas	Modelo	Veloc. Vento Partida (m/s)	Veloc. Vento Nominal (m/s)	Potencia (W)
Bornay	Wind 13 +	3	12	1500
Eletrovento	ELV-H3.1	3	9	1000
Energia Pura	SKYSTREAM LAND	3.5	9.4	2.400

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001), para que seja considerado justificável o aproveitamento eólico e a consequente instalação de um gerador, a velocidade de vento deve ser da ordem de 2,5 a 3,0m/s, não justificando o uso desta tecnologia com valores abaixo dos já citados.

A viabilidade do uso de tecnologia eólica para geração de energia elétrica, portanto, de acordo com o Atlas Eólico do Estado de São Paulo (2012), está relacionada às variações da velocidade, força (que varia de acordo com escalas temporais) do vento e fenômenos meteorológicos locais. O atlas eólico paulista reforça que valores médios de velocidade do vento acima de 6,5m/s podem ser considerados propícios para projetos de parques eólicos e explica que mesmo em regiões onde a velocidade media anual do vento é maior do que 5m/s existe a possibilidade de instalação de geradores de pequeno porte.

4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa de iniciação científica. Todos os gráficos referentes às séries históricas climatológicas correspondem aos anos de 1996 a 2016, resultando em uma compilação de dados dos últimos 20 anos, medidos mensalmente.

4.1. Velocidade dos ventos e insolação em São Simão, Franca e São Carlos

Os gráficos a seguir (Figuras 3 a 8) mostram a variação dos aspectos climáticos nas cidades de São Simão - SP, Franca - SP e São Carlos - SP de velocidade dos ventos e insolação no período dos últimos 20 anos - sendo contados até o ano de execução desta pesquisa (2016).

Através desses gráficos, foi possível verificar uma média total da velocidade dos ventos e de insolação total dos últimos 20 anos em São Simão - SP que corresponde, respectivamente, a 0,56mps e 204,02hs. Nota-se apenas um pico na velocidade dos ventos no ano de 1999 e no restante dos anos os níveis apresentam-se pouco elevados e constantes. Os índices de insolação se mantêm altos por todo o período, apresentando poucas variações conforme abaixo.

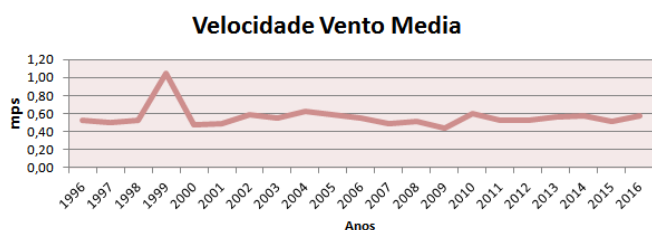


Figura 3 - Velocidade do Vento em São Simão (OS AUTORES)

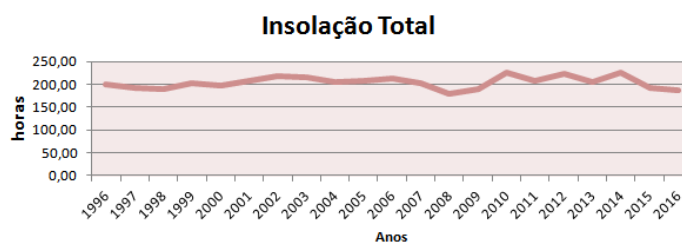


Figura 4 - Insolação total em São Simão (OS AUTORES)

Em Franca - SP, é possível perceber uma elevação da velocidade dos ventos com o passar dos anos (Figura 5), apresentando maiores índices nos últimos anos (2012 a 2016). Em contraponto, os níveis de insolação (Figura 6) apresentaram-se em decréscimo progressivo, mas, ainda assim, apresentam valores altos todos os anos.

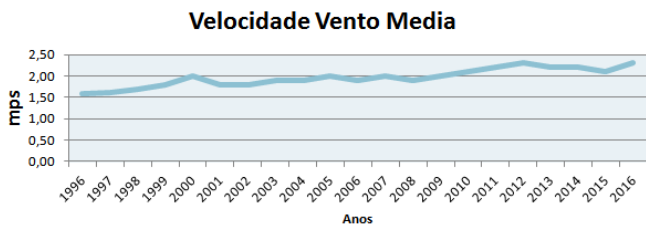


Figura 5 - Velocidade do Vento em Franca (OS AUTORES)

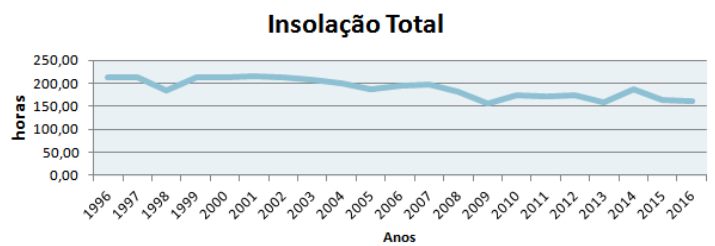


Figura 6 - Insolação total em Franca (OS AUTORES)

A velocidade dos ventos em São Carlos é bastante inconstante (Figura 8), apresentando um decréscimo significativo de seus valores a partir de 2007. A insolação (Figura 7) do local não acompanha esse padrão, apresentando-se constante, com valores altos e pequenas variações durante todo o período avaliado.

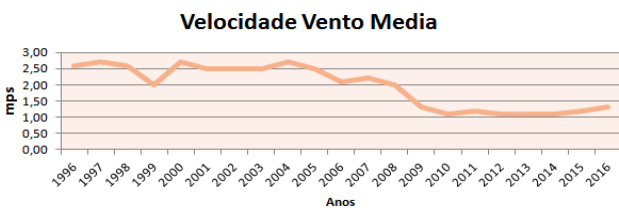


Figura 7 - Velocidade vento em São Carlos (OS AUTORES)

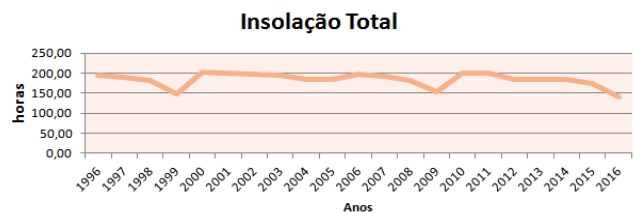


Figura 8 - Insolação total em São Carlos (OS AUTORES)

4.2. Precipitação e umidade em São Simão, Franca e São Carlos

Além dos valores de insolação e velocidade dos ventos, notou-se a necessidade de serem observados os índices de precipitação do local, pois deve ser considerada a interferência das nuvens de chuva na incidência de radiação solar necessária para a captação de energia solar fotovoltaica. Foi possível, ainda, utilizar esses dados para que fossem relacionados aos de umidade relativa das cidades.

Observando o gráfico de precipitação da cidade de São Simão - SP nos últimos anos, nota-se uma grande variação dos níveis de chuva, com picos relevantes nos anos de 2006, 2009 e 2016, e quedas em 2010 e 2014 (Figura 9). Ainda que de forma mais sutil, nota-se o mesmo padrão de variação dos valores de umidade, o que evidencia a relação entre esses dois aspectos, conforme Figura 10.

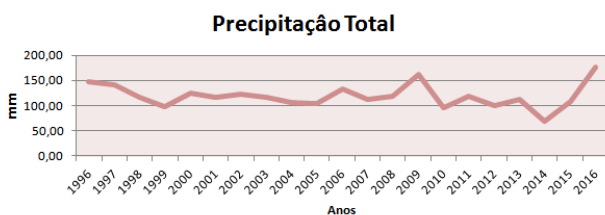


Figura 9 – Precipitação total em São Simão (OS AUTORES)

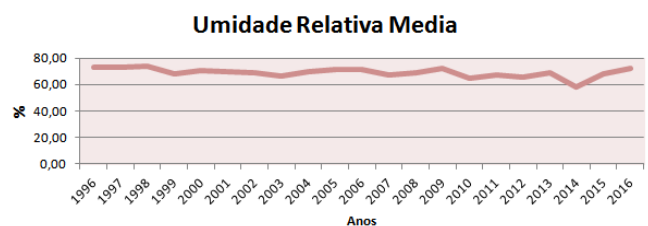


Figura 10 - Umidade relativa em São Simão (OS AUTORES)

Os dados de precipitação e umidade de Franca - SP, conforme Figuras 11 e 12, apresentam-se com grandes variações no decorrer do período analisado, com picos e decaídas dos valores coincidindo da mesma forma que em São Simão.

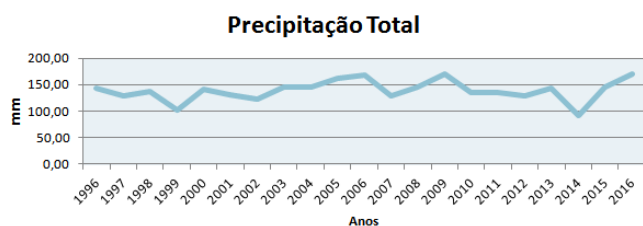


Figura 11 – Precipitação total em Franca (OS AUTORES)

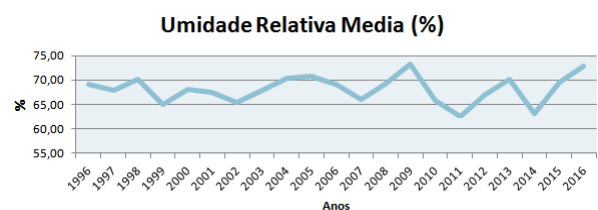


Figura 12 - Umidade relativa em Franca (OS AUTORES)

Em São Carlos - SP, diferentemente das outras cidades, a umidade não acompanha todos os aumentos e quedas dos valores de precipitação. Em 1999, por exemplo, houve um aumento da precipitação da cidade, enquanto, no mesmo período, a umidade relativa diminuiu. Por outro lado, ainda existem alguns pontos dos dois gráficos (Figuras 13 e 14) coincidentes, como o aumento de ambos os aspectos nos anos de 2015 para 2016.

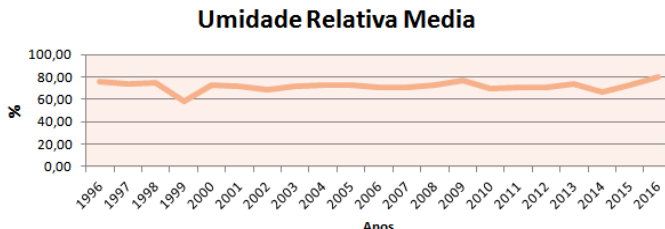
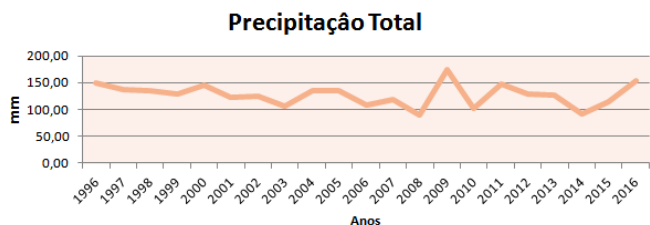


Figura 13 – Precipitação total em São Carlos (OS AUTORES) Figura 14 - Umidade relativa em São Carlos (OS AUTORES)

Analisando os gráficos do tópico 4.1, foi possível perceber que grande parte dos períodos com maior precipitação nas três cidades coincide com quedas nos níveis de insolação, dado a ser considerado para a utilização de sistema de captação solar fotovoltaico.

4.3. Temperaturas máximas de São Simão, Franca e São Carlos

Outro aspecto considerado refere-se às temperaturas máximas médias das cidades. Sabe-se que a produção de energia solar pode ser prejudicada devido ao aquecimento das placas fotovoltaicas monocristalinas ou policristalinas que, quando expostas a altas temperaturas, acabam diminuindo sua eficiência energética. Por estarem localizadas em uma região consideravelmente quente, a utilização dessas placas nessas cidades poderia ser prejudicada, conforme verifica-se nas Figuras 15, 16 e 17.

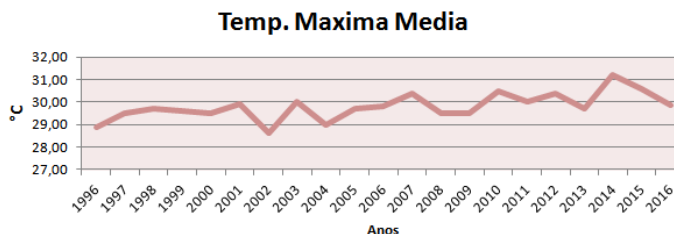


Figura 15 – Temperatura máxima em São Simão (OS AUTORES)

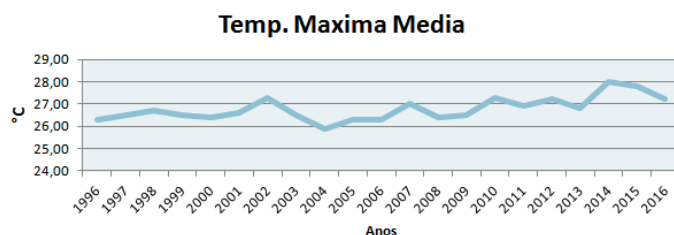


Figura 16 – Temperatura máxima em Franca (OS AUTORES)

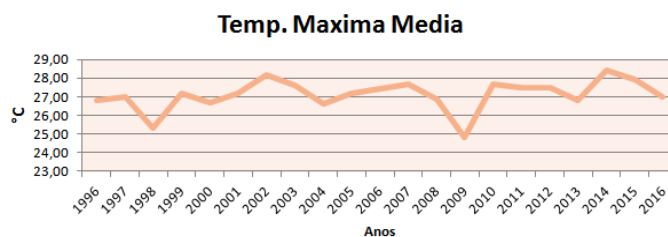


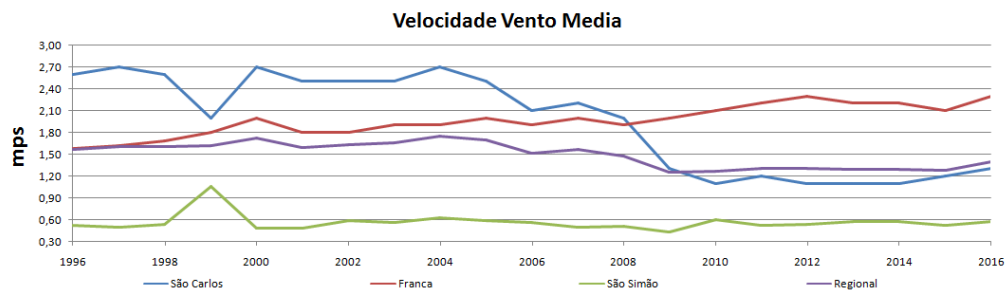
Figura 17 – Temperatura máxima em São Carlos (OS AUTORES)

Os três gráficos de temperatura das três cidades analisadas mostram altos valores de temperatura, na média dos 28°C, com algumas variações.

4.4. Gráficos Comparativos

Com os dados obtidos de insolação e velocidade dos ventos, foi realizado um cruzamento de dados que simulou valores para os aspectos climatológicos que podem ser aplicados a toda área das cidades observadas, permitindo uma visão mais ampla das características gerais do clima da região. Essa simulação gerou os gráficos (Figuras 18 e 19), que permitem comparação entre as cidades, além de um novo parâmetro gerado pela compilação das três (Figura 20 e 21). Para essa comparação, deve-se ter em mente a diferença de altitude das cidades envolvidas, fator que interfere diretamente nas características climatológicas da região, especialmente na velocidade dos ventos.

Como é possível observar na Figura 18, entre a velocidade dos ventos das cidades analisadas, São Simão possui os menores valores, o que foi associado a sua baixa altitude se comparada, por exemplo, com a cidade de Franca, que assim como uma maior altitude, apresentou maiores valores de vento no local. Observando o parâmetro regional gerado, percebe-se que foram obtidos valores medianos e sem muitas variações ao longo dos anos.



Figuras 18 - Comparação da velocidade do vento (OS AUTORES)

Quanto aos valores de insolação, todas as cidades apresentam valores aproximados e os mesmos padrões de variação em grande parte do tempo, mostrando uma situação favorável à utilização de sistemas de energia fotovoltaica.

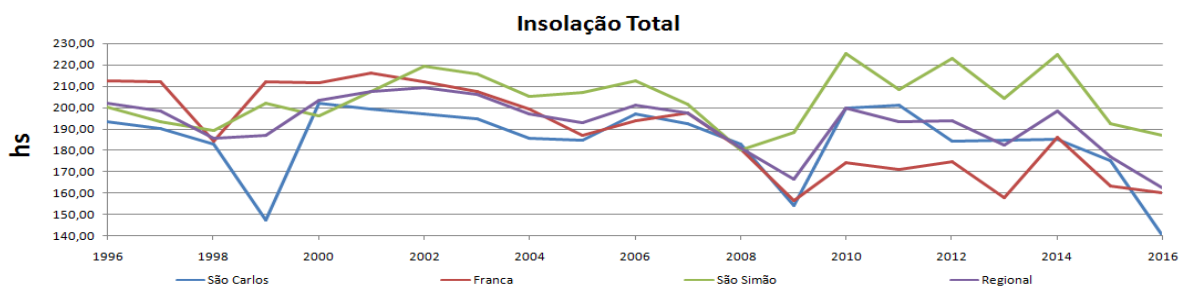


Figura 19 - Comparação da insolação (OS AUTORES)

Observa-se que os valores de insolação em parâmetro regional (Figura 20) mantêm-se altos e mais estáveis durante todo o período. O gráfico de velocidade do vento (Figura 21) mostra valores mais variáveis, o que seria prejudicial considerando a aplicação de um sistema de energia eólica na região.

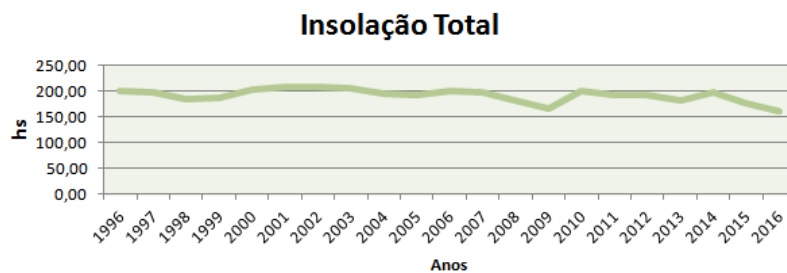


Figura 20 - Parâmetro regional de insolação

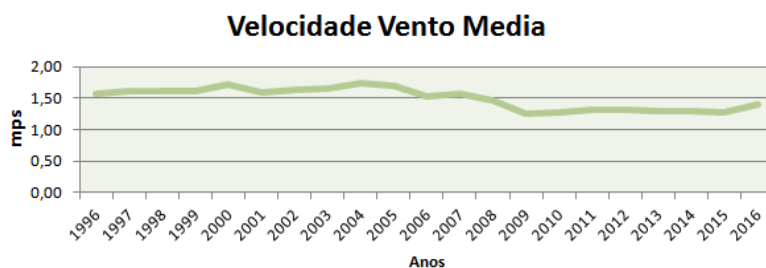


Figura 21 - Parâmetro regional de velocidade do vento

Após gerados os resultados anteriores sobre os aspectos climatológicos das cidades em questão, ao voltar à Tabela 1 (Especificações Técnicas dos Microgeradores Eólicos), na questão Velocidade Nominal do Vento, nota-se a necessidade de uma velocidade do vento em torno de 9m/s para uma geração considerável de energia por um gerador eólico de pequeno porte e, assim, os ventos nas cidades de São Simão, Franca e São Carlos não atingem essa velocidade, o que, em última instancia, minimiza a viabilidade de utilização eficiente de captação de energia eólica na região e potencializa o uso de energia fotovoltaica, fatores que são confirmados pelo Atlas Eólico do Estado de São Paulo (2012), que indica a necessidade de valores médios de velocidade do vento acima de 6,5m/s para serem considerados propícios para projetos de parques eólicos e maior do que 5m/s para a instalação de geradores de pequeno porte.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos é possível verificar a importância de serem avaliados dados regionais geográficos e climáticos do local onde será implantado um sistema de captação de energia sustentável. Aspectos como velocidade dos ventos e insolação, associados a outros aspectos geográficos de cada região, são determinantes para a devida escolha da tecnologia a ser empregada.

Vistos os resultados obtidos nas cidades de São Simão - SP, Franca - SP e São Carlos - SP, foi possível perceber índices de insolação constantemente altos nas três cidades e índices de velocidade dos ventos desfavoráveis e inconstantes. Com esses valores, considera-se que os resultados finais indicam uma potencialidade para o uso de tecnologias de captação de energia solar, tendo como foco sistemas fotovoltaicos integrados à arquitetura (BIPV - *Bulding Integrated Photovoltaics*), possibilitando que edifícios se tornem mais sustentáveis sem que a estética seja prejudicada.

Pretende-se dar continuidade a estes estudos focando na cidade de Ribeirão Preto - SP, sede da recente criada Região Metropolitana de Ribeirão Preto, visando contribuir para o estabelecimento de diretrizes sustentáveis para o plano de desenvolvimento regional. Desta forma, essa pesquisa, poderá ser utilizada como base para o estudo futuro do clima da cidade de Ribeirão Preto, de forma que se compreenda, também, qual a tecnologia de captação de energia ideal a ser empregada na cidade, já considerando a maior inclinação para a captação solar devido à sua altitude (aproximadamente 546m em relação ao nível do mar) que é menor do que o das cidades já analisadas e que também não obtiveram dados favoráveis a utilização de energia eólica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ENERGIA ELÉTRICA 2015: Ano base 2014. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2015.
- BRASIL. ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO: Ministério de Minas e Energia. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica- CEPEL. Brasília, 2001.
- BRASIL. Resolução Normativa n.482 - ANEEL, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2012.
- BRASIL. Resolução Normativa n.687 - ANEEL, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, 2016.
- BORNAY. Aerogeradores Wind +. Disponível em < <http://www.bornay.com/es/productos/aerogeneradores/aerogeneradores-wind-plus> >. Acessado em 21 de Março de 2017.
- CENTER MEDICAL. Termômetro Digital Máxima e Mínima - Supermedy. Disponível em < <http://www.centermedical.com.br/termometro-digital-maxima-e-minima-supermedy/p> >. Acessado em 22 de Fevereiro de 2017.
- CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>>. Acessado em 25 de Maio de 2017.
- DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. *REGET/UFMS Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria/RS, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81, 2015. Disponível em < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/19195/pdf> >. Acessado em 24 Maio de 2017
- ELETOVENTO: Energia Alternativa. Modelo ELV-h3.1 – 1KM. Disponível em < <http://www.eletovento.com.br/produto/modelo-elv-h3-1-1-kw/5/> >. Acessado em 05 de Março de 2017.
- ENERGIA PURA. Aerogerador Skystream Land. Disponível em < <http://www.energiapura.com/aerogerador-skystream-37-land> >. Acessado em 21 de Março de 2017.
- FRANCA. Prefeitura Municipal. Conheça Franca: Dados Demográficos. Franca, 2017. Disponível em < <http://www.franca.sp.gov.br/portal/cidade-dados.html> >. Acessado em 24 de Maio de 2017.
- GLOBO BRASIL: Indústria Brasileira de Painéis Solares.GBR250P – Módulo Fotovoltáico de 250Wp. Disponível em < <http://www.paineisglobobrasil.com.br/paineis-solares-gbr250p> >. Acessado em 05 de Março de 2017.
- GOOGLE. Google Earth website. Disponível em <<http://earth.google.com/>>. Acessado em 19 de Fevereiro de 2017.
- GOOGLE. Google Maps. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps>>. Acessado em 19 de Fevereiro de 2017.
- GRANDELLE, R. Extremos climáticos se agravaram nos últimos 20 anos: Pesquisa contesta teoria de que aquecimento global foi interrompido. *O Globo*, Rio de Janeiro, 27 de fevereiro de 2014. Disponível em < <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/extremos-climaticos-se-agravaram-nos-ultimos-20-anos-11727682> >. Acessado em 02 de Dezembro de 2016.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> >. Acessado em 20 de Fevereiro de 2017.
- KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção Verde: Princípios e Práticas na Construção Residencial**. 1 ed. Brasileira. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS-REES, S. **Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013. Pg. 04.
- ROSSI, J.P.H.; OLIVEIRA, C. P.; ALÉ, J. V. CENTRO DE ENERGIA EÓLICA PUCRS. Perguntas Frequentes Sobre Energia Eólica, 2009. Disponível em < <http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=4#4> >. Acessado em 24 de maio de 2017.
- SÃO PAULO (Estado). ATLAS EÓLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Energia. São Paulo, 2012.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia. Subsecretaria de Energias Renováveis. Energia Solar Paulista: Levantamento do Potencial. São Paulo, 2013.
- SCUDO, G.; ROGORA, A. **Architettura Ambientale: Progetti Tecnico Paesaggi**. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer Italia, 2013.
- SCUDO, G. **Tecnologie Solari Integrate nell'Architettura: Processi Strumenti Sistemi Componenti**. Milanofiori Assago: Wolters Kluwer. Itália, 2013
- SITE DA CIDADE DE SÃO CARLOS. **São Carlos Oficial: Dados Geográficos**. Disponível em: < http://www.saocarlosoficial.com.br/_fonte/canais.asp?c=95 >. Acessado em 24 de Maio de 2017.
- VILJOEN, A. **The Environmental Impact of Energy Efficient Dwellings: Taking into account embodied energy and energy in use**. Londres: European Directory os Sustainable and Energy Efficient Building, James & James Ltd. 1997.
- WORLD MAPS OF KÖPPEN-GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION. Wordl Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. Disponível em < <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm> >. Acessado em 25 de Janeiro de 2017.