



LEVANTAMENTO DO POTENCIAL EÓLICO DA REGIÃO DA CAMPANHA MERIDIONAL DO RIO GRANDE DO SUL COM O MODELO DE MESOESCALA WRF E O MODELO CFD WINDSIM

Lucas Feksa Ramos¹
Cris Krüger²
Marcelo Romero de Moraes³
lucasfeksaramos@gmail.com

Resumo

Este projeto consiste em realizar o levantamento do potencial eólico e tem como objetivo principal o desenvolvimento de um mapa eólico da região da campanha, sendo desenvolvido no Laboratório de Modelagem e Simulação Computacional da UNIPAMPA. Os modelos matemáticos que serão utilizados são o WRF, WINDSIM.

Palavras chave: WRF, WINDSIM, EÓLICO.

Introdução

Um parque eólico não inicia com a sua construção física, pois existe um processo de estudos aprofundado no local onde espera-se a instalação, que pode levar no mínimo um ano, existindo também a questão da viabilidade econômica de instalação do parque eólico, pois não é apenas em espaço territorial que tem que ser levado em conta, existem diversos fatores o qual é de suma importância para verificação da viabilidade do parque eólico. Existe algumas maneiras de fazer essas medições, uma delas é com a instalação de uma torre com anemômetro, que no mínimo tem que ter a duração de um ano para a validação da mesma. Mas para poder ser feito o levantamento de uma localização na qual não existe anemômetro por perto, ai entra o modelo Weather Research and

¹ Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Graduando no Curso de Engenharia de Energias Renováveis e Ambiente pela Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Possui experiência nas áreas de Engenharia Ambiental, Mecânica, Computação e Elétrica com ênfase em Energias Renováveis e Alternativas, também em Modelagem e Simulação Computacional com ênfase em dispersão de poluentes na atmosfera utilizando os modelos matemáticos WRF, CALMET e CALPUFF.

² Universidade da Região da Campanha – URCAMP. Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade da Região da Campanha (Urcamp), Especialista em Contabilidade, Perícia e Auditoria pela Universidade Norte do Paraná (Em andamento).

³ Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL 1993), Mestrado em Sensoriamento Remoto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS 1995) e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC 2004).

Forecasting (WRF) e modelo CFD do WINDSIM para distribuição de um parque eólico no qual será abordado nesse contexto.

Desde de décadas é usado a energia cinética dos ventos para a realização de trabalhos, tanto para moinhos de milho, quanto como bomba para levar água a algum lugar alto que necessite de pressão, e para a produção de energia elétrica é hoje uma das mais importantes dado o seu baixo impacto ambiental e suas características de fontes renováveis.

A instalação de uma usina eólica tem-se problemas devido ao seu custo elevado, sendo assim a grande importância de criação de novas tecnologias e também efetivação do processo de exploração de recursos, sendo como matéria prima o vento. Sendo a energia de uma fonte limpa pois causa um pequeno impacto ambiental (desmatamento, poluição) ao ambiente.

Inicialmente é feito um estudo do local onde é de interesse para a instalação de uma usina eólica. Com medições anemométricas de no mínimo um ano, para que o regime dos ventos seja minimamente conhecido e a implementação do parque seja em um local em que haverá máximo rendimento. Com o modelo WRF que é uma ferramenta de última geração em termos de previsão e simulação numérica da atmosfera.

O modelo possui basicamente três módulos principais: WPS, WRF e ARWPost que serão posteriormente explicitados. Os dados de entrada e de contorno das simulações com o modelo foram as análises GDAS (FNL) do NCEP, com resolução horizontal de 1 grau, atualizados a cada 6 horas, ou quantas horas for configurada.

Os dados da simulação do dia simulado no WRF foram comparados com os dados do Atlas Eólico para obter-se uma base sobre sua veracidade. Existe um impasse da não utilização de dados de torres anemométricas, visto que a universidade ainda não dá suporte para tal, para a verificação dos dados.

Logo após a simulação do WRF, tem como saída dados de velocidade do vento, temperatura, pressão e densidade que são entrada do software WindSim no qual é uma ferramenta de tecnologia avançada em instalação de parques eólicos. De modo que o parque pode ser criado parques com mais rentabilidade e menor gastos.

Objetivos

A utilização de uma ferramenta de última geração para previsão e simulação numérica da atmosfera é muito importante, pois assim existe uma estimativa de quanto nosso parque eólico gerará de energia em um certo tempo em meses ou anos. Saber se o mesmo é rentável na localização desejada.

O projeto terá como foco, o estudo e utilização do modelo de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF) e WindSim para um projeto de uma central eólica. Já existem atlas eólicos a nível nacional e estadual. Porém alguns estados brasileiros ainda carecem deste tipo de estudo pelo fato do mesmo não estarem atualizados, e no caso desse projeto, serão feitas estimativas de geração ao longo de alguns anos.

Revisão bibliográfica

O vento é um fenômeno meteorológico formado pelo movimento do ar na atmosfera. O vento é gerado através de fenômenos naturais como, por exemplo, os movimentos de rotação e translação do Planeta Terra.

Existem vários fatores que podem influenciar na formação do vento, fazendo com que este possa ser mais forte (ventania) ou suave (brisa). Pressão atmosférica, radiação solar, umidade do ar e evaporação influenciam diretamente nas características do vento.

É de grande importância para o ser humano, pois facilita a dispersão dos poluentes e também pode gerar energia (energia eólica).

Para gerar energia eólica o vento é o combustível o qual não precisa de queima, ou algum tipo de reação química que largaria algum tipo de poluição na atmosfera.

Existem determinados tipos de ventos e podem ser classificados em: Alísios, Contra-Alísios, Ventos do Oeste e Polares que serão classificados a seguir.

Alísios são originados do deslocamento das massas de ar frio das zonas de alta (trópicos) para as zonas de baixa pressão (equador). Devido a um efeito ocasionado pelo movimento de rotação da Terra, o efeito de Coriolis, os ventos nas faixas intertropicais sopram no sentido leste-oeste no hemisfério sul, e no sentido oeste-leste no hemisfério norte.

Na região da linha do Equador, devido ao aquecimento constante e quase uniforme é formada uma zona de baixa pressão (chamada de ZCIT – Zona de Convergência Intertropical) para a qual se deslocam os ventos alísios de sudeste, vindos do hemisfério sul, e os ventos alísios de nordeste, vindos do hemisfério norte. Ambos formam-se a latitudes de cerca de 30° em ambos os hemisférios.

Ao chegar á zona de baixa pressão do equador, os ventos alísios ascendem provocando o resfriamento dos níveis mais altos e perdendo umidade por condensação e precipitação. É aí, então, que surgem os ventos “contra-alísios”, quando estes movem-se em sentido contrário até as zonas dos cinturões anticiclônicos mantendo-se assim, o sistema de circulação entre zonas tropicais e subtropicais e a zona equatorial.

Os ventos alísios são os responsáveis por transportar umidade das zonas tropicais para a zona equatorial provocando chuvas nessa região. Enquanto que os ventos contra-alísios levam ar seco para as zonas tropicais, ficando , os maiores desertos da Terra justamente nessa zona, principalmente no hemisfério norte.

Os contra-alísios sopram do Equador para os trópicos, em altitudes elevadas e são ventos secos e os responsáveis pelas calmarias tropicais secas que geralmente ocorrem ao longo dos trópicos.

Os ventos do oeste são ventos prevaletentes nas latitudes médias que sopram de áreas de alta pressão em zonas subtropicais para os pólos. Os ventos são predominantes do sudoeste no Hemisfério norte e do noroeste no Hemisfério sul. Juntamente com os ventos alísios, os ventos do oeste permitiam as viagens ida-e-volta na rota comercial dos primeiros navios europeus (caravelas). Navios que retornavam para a Europa das

Américas Central e Sul, das Índias Ocidentais, navegavam para o norte, virando para leste para atravessar o Atlântico.

Os ventos polares são ventos frios que sopram dos pólos para as zonas temperadas.

Para podermos retirar o máximo de proveito da energia cinética dos ventos de forma com maior eficiência são feitas medições com anemômetros instalados em torres. Também é possível fazer estimativas do comportamento dos ventos usando tratamento estatístico dos dados obtidos.

Para a energia eólica o conhecimento da velocidade média dos ventos é fundamental para que se possa fazer uma estimativa de energia produzida, pois os aerogeradores tem uma certa faixa de velocidade de vento para o seu funcionamento pleno, pois em uma velocidade de vento alta o aerogerador pode sofrer algumas consequências sérias, e ao contrario do que se imagina uma velocidade muito baixa também pode acarretar problemas, no qual o aerogerador começa a parar de funcionar como gerador e começa a funcionar como motor.

Mesmo sabendo as velocidades médias, é necessário que o sistema eólico tenha alguma forma de controle, para prevenir as situações mencionadas acima, entre as técnicas utilizadas a mais difundida é o controle de passo. Que é um controle ativo, que necessita de um sinal do gerador de potência. Sempre que a potência nominal do gerador for ultrapassada, devido ao aumento da velocidade do vento, as pás do rotor serão giradas em torno de seu eixo longitudinal, mudando o ângulo de passo para aumentar o ângulo de ataque do fluxo de ar. Este procedimento diminui as forças aerodinâmicas atuantes e a extração de potência do vento pela turbina.

Uma outra forma de controle bastante usada é o controle por estol, que é um sistema passivo que reage com a velocidade do vento. As pás do rotor são fixas e não podem ser giradas em torno do seu eixo longitudinal. O ângulo de passo é escolhido de tal maneira que para velocidades de ventos maiores que a nominal o fluxo em torno do perfil da pá do rotor se descola da superfície, ou seja, o fluxo se afasta da superfície da pá, surgindo regiões de turbulência entre o fluxo e a superfície. Isto reduz a força de sustentação e aumenta a de arrasto, controlando a potência de saída da turbina.

O “Weather Research and Forecast” (WRF) é um modelo desenvolvido por várias agências norte-americanas, entre elas o National Center for Atmospheric Research (NCAR) e o National Centers for Environmental Prediction (NCEP), e grupos científicos de diferentes universidades, designado para ser um código portátil e flexível, eficiente em ambiente de processamento paralelo. O WRF apresenta dois núcleos dinâmicos, sendo o núcleo Advanced Research WRF (ARW) utilizado neste trabalho. Este núcleo dinâmico resolve as equações de Euler não-hidrotáticas, numa atmosfera totalmente compressível, em coordenada vertical que segue o terreno e a integração do tempo do tipo “time-split”. A Figura 1 mostra o terminal principal o qual será dado os comando para a configuração e a simulação do WRF.

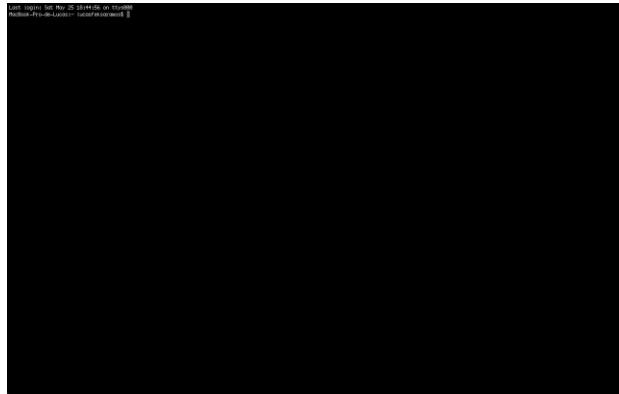


Figura 1- Terminal Linux - WRF

O WindSim é um poderoso, software de classe mundial com base em dinâmica de, fluidos computacional (CFD), que combina processamento numérico avançado para estudar, aprimorar serviços profissionais e de obter a melhor solução disponível hoje.

A ferramenta WindSim que é usada no mundo inteiro pelo vento de recursos e energia assessores, meteorologistas e pesquisadores de fabricantes de turbinas eólicas, desenvolvedores de projetos, agências governamentais e instituições acadêmicas. WindSim é reconhecido mundialmente, pela validação de suas simulações com o real aproveitamento de um parque eólico.

Usado para otimizar layouts parque, identificando locais de turbinas com a maior velocidade do vento, mas com baixa turbulência, para maximizar a produção. Eles minimizar as cargas em turbinas para evitar possíveis problemas. Mantêm-se as partes interessadas do seu projeto informado com robustas, relatórios significativos complementada com gráficos ricos e visualizações 3D interativas. Sim, você também pode colocar um túnel de vento virtual de trabalhar. A figura 2 mostra o programa.

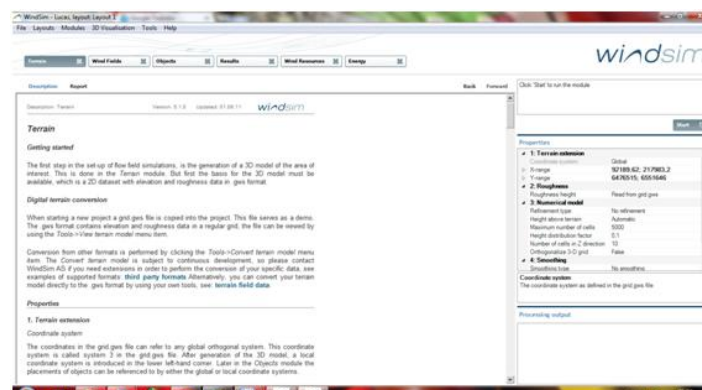


Figura 2 – WindSim

O software Global Mapper é capaz de exibir os mais populares formatos de raster, vetores e dados de elevação. Ele converte, edita, imprime, registra trilhas GPS e permite que você use toda a funcionalidade SIG de sua base de dados a um baixo custo e fácil manuseio ele pode acessar múltiplas fontes de imagem, mapas topográficos e grids de terreno online, o que significa acesso às imagens coloridas de alta resolução e acesso

completo a base de dados de imagens de satélite USGS e mapas topográficos Terra Server USA sem qualquer custo, será importante para a utilização em transformação de formatos.

Metodologia

O local de realização do projeto foi no Laboratório de Modelagem e Simulação Computacional (LMSC) da UNIPAMPA, campus Bagé. Este laboratório conta com um cluster Linux Dell de 80 processadores, o qual poderá ser utilizado para simular vários processos que necessitam de recursos computacionais de alta performance, com o auxílio do coordenador do projeto o professor Marcelo Romero.

Utilizou-se nas simulações o modelo de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF). E software WindSim, para o potencial eólico.

O modelo WRF-ARF é uma ferramenta de última geração em termos de previsão e simulação numérica da atmosfera. Ele já possui diversas adaptações para simulação e previsão de uma larga gama de fenômenos, indo da micro à macro-escala.

O modelo possui basicamente três módulos principais: WPS, WRF e ARWPost, os quais foram trabalhados e utilizados no projeto.

O módulo WPS que é o módulo um, são trabalhados e processados dados geofísicos e meteorológicos que serão utilizados no modelo WRF-ARW para fazer as simulações.

Esse módulo basicamente gera informações da região onde serão feitas as simulações, chamado de "geogrid", que é parecido com um SIG que lê várias bases de dados (topografia, uso e cobertura do solo, etc.) e prepara um arquivo contendo estas bases numa forma condensada e no formato que o modelo WRF possa interpretar. As coordenadas a serem utilizadas são as da cidade de Bagé que são latitude -31.33038 e longitude -54,1104. Para a melhor visualização pode usar um software gratuito para converter saída do geogrid em .KMZ e abrir no googlemaps para a visualização da área de simulação no qual é mostrado na figura 3.

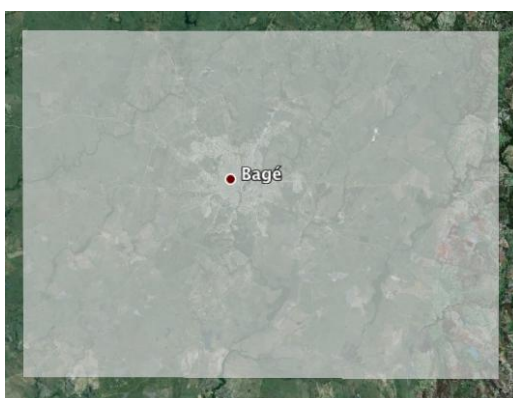


Figura 3 - .KMZ carregado no googlemaps

Na próxima etapa serão utilizados os módulos “ungrib” e “metgrid”, que executam interpolações horizontais e verticais, nos dados do NCEP, para a grade do modelo e preparam dados intermediários que serão utilizados para gerar as condições iniciais e de contorno para as simulações.

No módulo WRF se geram as condições iniciais e de contorno, a partir dos dados gerados no módulo anterior, e se executam as simulações propriamente ditas. Para a geração das condições iniciais e de contorno se usa o módulo “real” que gera dois arquivos contendo estas informações, um com as condições iniciais e outro com as de contorno. Por fim se utiliza o módulo “wrf” que executa as simulações dos fenômenos de interesse.

O ARWPost é a etapa que é pós-processada a saída (ou resultado) final da simulação com o módulo “wrf”. Nesta etapa se utiliza o módulo de pós-processamento ARWPost que lê os dados num formato nativo do modelo (NetCDF) e gera outros em formatos variados de acordo com o pacote de visualização que se quer utilizar. No caso deste trabalho os dados para visualização e geração dos gráficos foram os do formato GrADS.

O pacote gráfico “Grid Analysis and Display System (GRADS)” auxilia na apresentação dos resultados encontrados nas simulações. Com ele pode-se gerar gráficos em alta definição. Os comandos vão sendo descritos no terminal do Linux e os resultados esboçados na janela do GRADS, como pode ser visto na Figura 4.

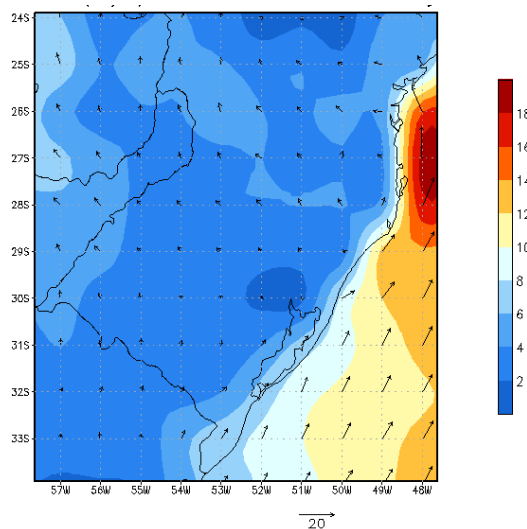


Figura 4 - Ferramenta GRADS

Pode-se notar que está todo o mapa do Rio Grande do Sul, porém nossa área de interesse é a região da campanha meridional da campanha, no qual terá um recorte para o mesmo.

Primeiramente foi feito o download do DEM(digital elevation model) da área a qual me propus a fazer a simulação. Os dados estão nas figuras 5 e 6 que estão a seguir.

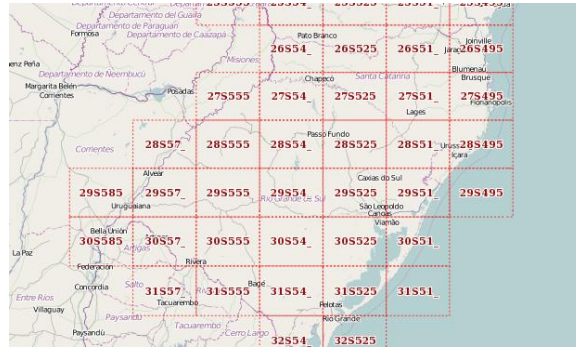


Figura 5 - DEM rio grande do sul

Em seguida é feito o download da área de interesse que é a que está na próxima figura.

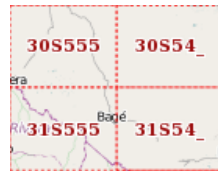


Figura 6 - DEM local

A rugosidade do mapa da região meridional é encontrada no VCF Tree Cover (500m resolução) que é uma ferramenta do global, no qual quanto mais verde maior é a rugosidade, por exemplo na serra é bem verde. Em seguida foi feito o recorte da região da campanha meridional do rio grande do sul. As coordenadas de corte são as mesmas definidas no WRF, a rugosidade disponibilizada no Brasil infelizmente é de 500m à 500m de resolução, o recorte da rugosidade e da elevação do mapa são feitos com o Global Mapper versão trial, os dados terão que estar no formato de entrada do WindSim, que é WindSimGWSfile, no qual a figura 7 demonstra.

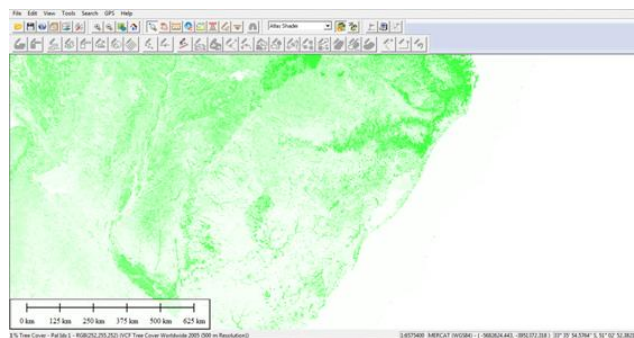


Figura 7 - rugosidade

Agora propriamente dito será utilizado o software WindSim, no qual possui alguns módulos que vamos fazer o uso.

Utilizando o primeiro modulo que é o Terrain, que gera o 3D da área a ser estudada, incluindo o DEM e a rugosidade, que tem como entrada o formato WindSimGWSfile,

nesse modulo é gerada uma grade em X,Y,Z, a qual será feita a simulação posteriormente.

Grade em X e Y, figura 8.

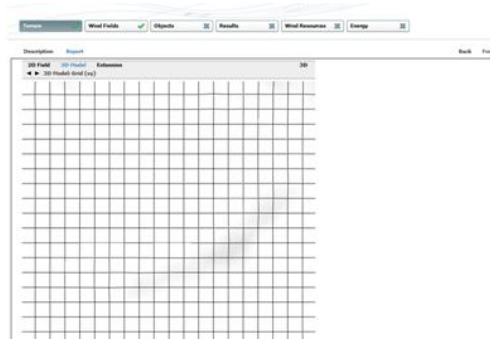


Figura 8 - grade X

Grade em Z, figura 9.

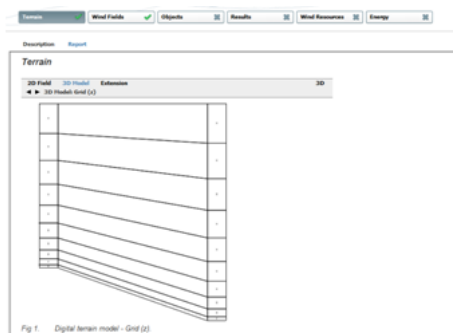


Figura 9 - grade z

O Wind Fields obtém as geração dos campos de vento com base na geração do modelo 3D no módulo Terrain anterior, a simulação dos campos de vento pode agora começar. Os campos de vento são determinadas resolvendo médias de Reynolds Navier-Stokes (RANS). O modelo k-epsilon padrão é aplicada como encerramento turbulência. Desde que as equações são não-lineares o procedimento de solução é iterativo. Começando com as condições iniciais, que são adivinhadas estimativas, a solução é gradualmente resolvido por iteração até que uma solução convergente é alcançado.

Objects é o módulo que tem como entrada os dados gerados no WRF utilizado anteriormente, no qual vamos fazer a instalação de 17 turbinas eólicas, e teremos uma torre anemométrica no qual é a nossa estação meteorológica, no qual os resultados serão apresentados nos três módulos a seguir.

O results mostra a velocidade escalar em X, Y e Z, energia de turbulência, energia de dissipação turbulenta em todos os setores de simulação.

O Wind Resources é para a criação de mapas de recursos de ventos em alturas escolhidas, é mostrado a rosa dos ventos a frequência do vento e velocidade em todos os setores em m/s, como mostra a figura 10.

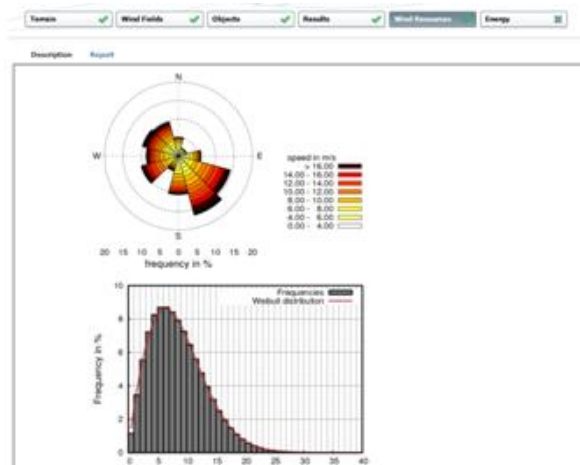


Figura 10 - rosa dos ventos

O Energy funciona através do posicionamento das torres, dos dados de climatologia, dos dados de relevo, ele mostra a produção de energia gerada em um futuro parque eólico.

Resultados obtidos

Considerando o exposto trabalho acima, constatou-se que com a elaboração de novo parque eólico não é tão simples, precisa-se de algum tempo de estudos, para se obter resultados mais satisfatórios o software WindSim teria que ser a versão completa, no qual a utilizada é a versão gratuita disponibilizada no site.

O WRF foi uma ferramenta indispensável para podermos gerar resultados no WindSim, os dados de saídas do WRF serviram de entrada no módulo objects, o qual recebe valores de velocidades de ventos, como se fosse uma estação, o interessante do software WRF que podemos fazer a previsão de um ano, ou até 10 anos de simulação para saber o quanto o parque irá produzir de energia, saber também em quanto tempo o investimento irá se pagar. O WRF teve um ótimo desempenho devido aos dados de simulação ficarem dentro do esperado, os dados foram comparados com a tabela do INMET (instituto Nacional de Meteorologia), no qual é facilmente visualizada no site do INMET, a tabela é gerada por um registro automático de anemômetros instalados em uma torre, no mesmo dia de simulação e ficou dentro do esperado com a média de vento de 4,2m/s no dia 17 de maio a dia 18 de maio de 2013.

Os três primeiros módulos do WindSim é para ser feita a configuração do software para começar a simulação, foi dado a entrada de todas as variáveis no software WindSim, simulou e rodou corretamente, e os três últimos módulos apresentam os resultados finais, o qual não foi apresentado nesse trabalho, pois será para um trabalho posterior.

Conclusão

Neste trabalho foi analisado duas ferramentas para o estudo dos potenciais eólicos da região meridional da campanha do rio grande do sul, os regimes de vento para um período de 17 de maio de 2013 à 18 de maio de 2013, utilizando para isto o modelo de mesoescala WRF e WindSim. Os dados obtidos foram comparados com os da bibliografia para o mesmo período e foram dentro do esperado. Constatou-se que o modelo WRF gera resultados satisfatórios e pode ser uma ferramenta muito útil para o levantamento do potencial eólico, considerando-se que mesmo sem os fatores acima citados o mesmo já captou corretamente regiões de destaque, e o WindSim uma ferramenta muito eficaz no levantamento do potencial eólico e instalação de torres eólicas e em regiões de mesoescala.

Referências

- AMARANTE, Odilon Antônio Camargo do; SILVA, Fabiano de Jesus Lima. Rio Grande do Sul. Atlas Eólico. 2002.
- ARAKAWA, A. LAMB, V.R. Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model. Methods Computational Physics, v. 17, p. 173-265, 1997.
- BRITO, Sérgio de Salvo. Tutorial de Energia Eólica. Princípios e Tecnologias. CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/tutorial/tutorial_eolica.htm. Acesso em: 28/08/2011.
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br> Acesso em: 23 abr. 2013
- Global Mapper. Disponível em: <http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php> Acesso em: 26 abr. 2013
- GOMES, Wendell Rondinelli. Estudo das características da atividade dos raios na região metropolitana de São Paulo. Inpe, São José dos Campos, 2010.
- GOZZO, Luiz Fellipe. Simulação numérica da influência dos fluxos de superfície em ciclones na costa leste do Brasil. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- GRELL, G.A., DÉVÉNYI, D. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. Geophysics Research Letters. V. 29(14), p. 1963, 2002.
- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> Acesso em: 23 abr. 2013

Laboratório de Modelagem e Simulação Computacional. Disponível em:
<<http://lmsc.bage.unipampa.edu.br/>> Acesso em: 26 abr. 2013

National Weather Service. Disponível em: <<http://www.ncep.noaa.gov>> Acesso em: 10
abr. 2013

The Weather Research & Forecasting Model. Disponível em: <<http://www.wrf-model.org>>
Acesso em: 23 abr. 2013

WindSim. Disponível em: <<http://www.windsim.com>> Acesso em: 23 mai. 2013