



**Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL**

**REDUÇÃO DOS CUSTOS DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DE DADOS DE UMA TMA**

**YCARO ROBERTO SATURNINO GOMES(1); JOSÉ GUILHERMINO DOS SANTOS JÚNIOR(1); LUIZ CARLOS FLORENTINO FILHO(1); BRENNAND ENERGIA(1);**

**RESUMO**

Este trabalho visa demonstrar como soluções básicas de comunicação podem reduzir os custos na coleta de dados das torres anemométricas para implantação de projetos eólicos de geração de energia elétrica. Parte-se do pressuposto que os fabricantes dos equipamentos coletores e registradores de dados, dataloggers, sugerem uma solução padrão de comunicação, que tem um elevado custo, e normalmente esta é oferecida no mercado de implantação dessas torres de medição.

**PALAVRAS-CHAVE**

Comunicação, Parque Eólico, Wireless, Torres Anemométricas, Redução de Custos.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A medição do vento é uma etapa de fundamental importância na avaliação do recurso eólico de uma determinada região. Para uma medição de alta qualidade, é necessária a instalação de pelo menos uma estação de medição anemométrica no local em estudo.

O objetivo principal da campanha é a caracterização do microclima do local com a medição da velocidade e direção do vento em diferentes níveis e dos dados de temperatura e pressão. Essas informações são essenciais para avaliar, ainda na fase de projeto, se a área possui características suficientes para que a construção de um parque eólico seja economicamente viável.

A Resolução Normativa N°391, de 15 de dezembro de 2009, estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração de usinas eólicas, criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Uma importante exigência dessa resolução é o estabelecimento de um período mínimo de três anos de medição de vento, visando estimar de maneira confiável a produção de energia de um parque.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) exige, visando ao cadastramento e habilitação técnica de projetos eólicos em leilões de energia, que as medições da velocidade e direção do vento sejam realizadas em pelo menos duas alturas distintas, sendo uma a partir de 50 metros, integralizadas a cada 10 minutos e com índice de perda de dados inferior a 10% (dez por cento), por período não inferior a 36 meses consecutivos. A ausência de dados não poderá superar o período de 30 dias consecutivos.

Mesmo com o parque eólico em operação, ainda é importante manter as medições anemométricas e climatológicas. Os parâmetros medidos têm a função de monitorar o desempenho das turbinas (verificação da curva de potência), controlá-las e atender as exigências do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da

(\*) Av. Eng. Domingos Ferreira, n° 2589 – sala 102 – CEP 51020-031 Recife, PE, – Brasil  
Tel: (+55 81) 21377000 – Cel: (+55 81) 991690809 – Email: ycaro.gomes@brennandenergia.com.br

EPE. O ONS exige medições anemométricas e climatológicas em tempo real a cada um segundo, já a EPE exige o envio quinzenal das medições realizadas a cada um segundo, integralizadas a cada 10 minutos. (1)

No país, e mais especificamente no Nordeste, as áreas destinadas aos projetos eólicos, em sua maioria, se encontram em regiões pouco antropizadas e afastadas dos centros urbanos, acarretando uma série de dificuldades tanto para a implantação das torres quanto para, depois de instaladas, as manutenções e as coletas dos dados.

A análise dos dados deve ser feita de forma constante de maneira a identificar eventuais erros de medição e falhas nos equipamentos viabilizando a uma solução o mais rapidamente possível. Para isto deve-se fazer a coleta dos dados de forma rápida e constante. Não é necessário dizer que a opção de realizar a coleta "in loco", diretamente nas torres, não deve ser considerada, pois sua realização é demorada e economicamente inviável. Diante disso, se torna de suma importância um sistema de comunicação que viabilize a obtenção de dados de forma remota.

A solução sugerida pelos fabricantes de datalogger e comumente ofertada pelas empresas que implantam torres anemométricas é a comunicação via satélite, que é uma solução que pode ser utilizada em todo o território nacional e tem alta disponibilidade. Entretanto esta solução é bastante onerosa que, a depender da empresa provedora, pode chegar a valores em torno de seis mil reais anuais (R\$ 6.000,00/ano) por torre apenas com transmissão de dados além do custo dos equipamentos que estão em torno de treze mil e setecentos reais (R\$13.700,00/torre).

Visando a uma significativa redução dos custos de comunicação iniciaram-se os estudos para criação de um sistema de comunicação com custos mais reduzidos.

## 2.0 - SOLUÇÕES PARA COMUNICAÇÃO

Devido ao alto custo de utilizar uma saída de comunicação de internet específica para cada torre anemométrica estudou-se uma solução de rede Wireless entre as torres da mesma região com apenas uma se comunicando diretamente com a internet.

Para que se estabeleça esta rede entre as torres do projeto se faz necessário um estudo de viabilidade dos links de interligação. Existem três premissas básicas para verificação da factibilidade dos links:

- Distância entre as torres;
- Solução de internet a ser aplicada;
- Obstáculos físicos que impeçam a formação do link.

A priori deve-se listar as coordenadas geográficas das torres, já implantadas e futuras, para que se possa otimizar os links, ou seja, selecionar os equipamentos adequados para cada torre respeitando as distâncias e visando a possível ampliação do projeto.

Faz-se necessário um estudo, em cada torre, da disponibilidade de internet para selecionar qual destas ficará responsável pela interligação do projeto com a internet. A depender da região de instalação do projeto poderá haver uma ou mais soluções, de aplicação de internet, disponíveis por torre devendo-se selecionar a que tiver menor custo com a qualidade desejada. Vale salientar que em determinadas localidades de implantação de projetos os custos para soluções similares podem variar, por isso é de suma importância uma nova avaliação a cada projeto.

Por fim, com as posições das torres e seleção dos equipamentos verifica-se se há obstáculos físicos (geralmente a diferença de nível entre as torres é um bom indicativo para viabilidade da ligação) que impeçam a formação dos links pré-selecionados. Hoje os fabricantes de equipamentos de comunicação, desse gênero, disponibilizam aplicações simples que permitem, a partir das informações básicas como as coordenadas geográficas, altura de instalação e equipamentos instalados, verificar se há obstáculos físicos, no que se refere ao relevo, que impute óbice ao link estudado.

## 3.0 - PROJETO PILOTO

### 3.1 Definição de coordenadas e distância entre as torres

A partir das premissas supracitadas foi iniciado o estudo do Projeto Piloto. Este projeto tem num total de 6 (seis) torres anemométricas, destas 3 (três) já estavam implantadas (torres números 1, 2 e 3) e 3 (três) com implantação planejada (torres números 4, 5 e 6) conforme FIGURA 1.

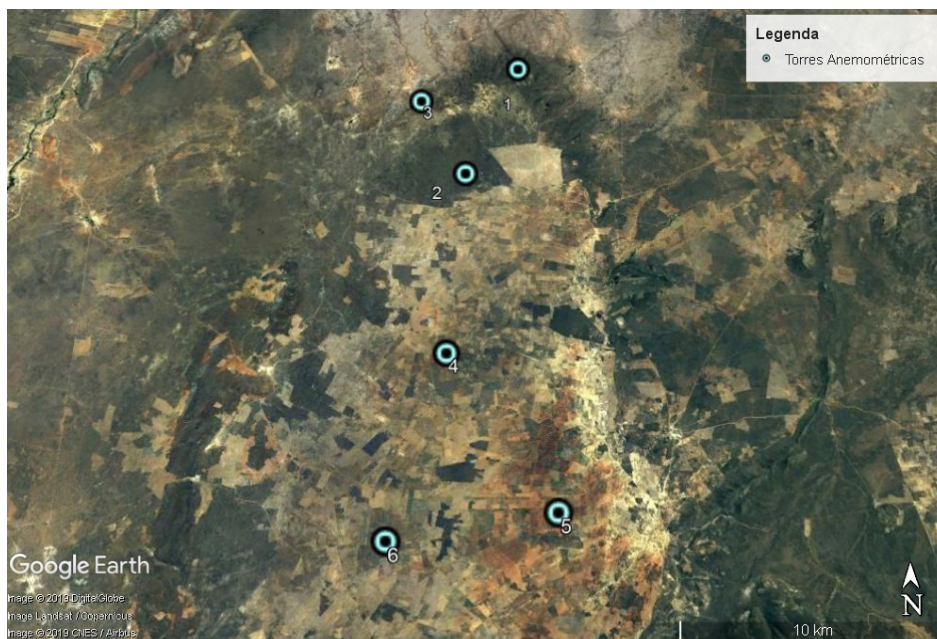


FIGURA 1 – Disposição geográfica das torres anemométricas

Assim, com as posições das torres, podem-se medir as distâncias entre elas para a verificação dos links e seleção dos equipamentos. A priori, como premissa, tenta-se utilizar os links mais curtos, ou seja, que tenham menor distância entre as torres visando evitar a utilização de equipamentos de maior potência e consequentemente maior custo na implantação e o mínimo de passos entre as torres, ou seja, utilizar o mínimo de torres intermediárias entre os equipamentos de comunicação instalados e a torre com saída para a internet. As distâncias aproximadas entre as torres estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Distância entre as torres anemométricas

De:	Para:	Distância (km)
Torre 1	Torre 2	6,2
Torre 1	Torre 3	5,0
Torre 1	Torre 4	14,8
Torre 1	Torre 5	21,4
Torre 1	Torre 6	23,4
Torre 2	Torre 3	4,9
Torre 2	Torre 4	12,8
Torre 2	Torre 5	15,5
Torre 2	Torre 6	16,5
Torre 3	Torre 4	13,3
Torre 3	Torre 5	20,6
Torre 3	Torre 6	21,0
Torre 4	Torre 5	7,8
Torre 4	Torre 6	8,2
Torre 5	Torre 6	6,8

### 3.2 Solução de internet

Com a localização geográfica das torres é possível realizar o estudo para eleger qual delas terá a conexão direta com a internet. Para o caso específico do projeto Piloto foram estudadas 3 (três) opções de solução:

- Comunicação via modem 3G convencional;

- Comunicação via banda larga servidor local;
- Comunicação de internet via satélite.

As disponibilidades das soluções estudadas por torre estão apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Disponibilidade de internet

Torre	3G	Banda Larga	Satélite
Torre 1	Indisponível	Indisponível	Disponível
Torre 2	Indisponível	Indisponível	Disponível
Torre 3	Disponível	Disponível	Disponível
Torre 4	Indisponível	Indisponível	Disponível
Torre 5	Indisponível	Indisponível	Disponível
Torre 6	Indisponível	Indisponível	Disponível

A internet 3G, dentre as opções estudadas, se mostrou economicamente mais vantajosa, tanto no custo de implantação quanto no custo mensal para tráfego de dados. Assim a Torre 3, única com a opção móvel disponível, foi designada para ser a saída direta para internet.

### 3.3 Seleção dos links

Partindo para análise dos links selecionados, escolhem-se, preliminarmente, os equipamentos a serem instalados nas torres e verificando a viabilidade dos links. Assim seguindo as premissas de distâncias para os equipamentos pré-selecionados e o mínimo de torres intermediárias até a saída de internet resulta na Tabela 3:

Tabela 3 – Distância dos Links e Altura de Instalação dos Equipamentos

Link	De	Para	Distância (km)
Link 1	Torre 1	Torre 3	5,0
Link 2	Torre 2	Torre 3	4,9
Link 3	Torre 3	Torre 4	13,3
Link 4	Torre 4	Torre 5	7,8
Link 5	Torre 4	Torre 6	8,2

#### 3.3.1 Seleção dos equipamentos

A priori precisa-se saber qual tipo de comunicação pode-se empregar devido ao tipo do Datalogger instalado na torre. Os dispositivos de fabricação mais recente, como no caso dos aplicados no Projeto Piloto, possuem comunicação TCP/IP que permite o envio automático dos dados. Entretanto em outros projetos há dataloggers de fabricação mais antiga que dispõem apenas de comunicação serial. Para estes casos se faz necessária a instalação de um Terminal Server que, posto de forma simplificada, faz a comunicação serial através de uma rede TCP/IP. Esta solução consiste na instalação do Terminal Server entre o roteador Wireless e o Datalogger Serial atribuindo-se ao equipamento intermediário um endereço IP, no computador de acesso ao Datalogger instala-se um software, fornecido pelo fabricante do Terminal Server, que cria uma porta serial no micro associado a um determinado endereço IP e por fim, na aplicação de acesso ao Datalogger utiliza-se a porta serial associada com o endereço IP do Terminal Server.

Desde o princípio, a escolha dos equipamentos foi da linha Wireless da Mikrotik, posto que os Dataloggers do Projeto Piloto tem comunicação TCP/IP. Estes equipamentos são bastante utilizados por provedores de Internet devido ao seu baixo custo, disponibilidade de recursos e facilidade de configuração. Entretanto estes equipamentos são pouco conhecidos do mercado nacional.

Basicamente foram adotados três modelos de equipamentos:

- Ominitk;
- LHG;
- hAP AC lite.

O Omnitik, por possuir uma antena Omnidirecional, foi utilizado como Ponto de Acesso em algumas antenas recebendo a comunicação de outras antenas. Além disso, foi utilizada uma versão que tem PoE in na porta Ethernet 1 e PoE out nas demais portas permitindo a alimentação de outros equipamentos de comunicação instalados na mesma torre.

O LHG é um equipamento com uma única porta Ethernet e foi utilizado como equipamento básico de comunicação de um datalogger com outra torre de medição. Em posições de fim de linha da estrutura de rede, a configuração básica é a instalação de um LHG apenas. Ele também é utilizado no tronco da rede de comunicação, fazendo a comunicação com um Omnitik instalado em outra torre. Utilizando um LHG e um Omnitik pode-se fazer enlaces de 15km, mas a velocidade e a qualidade do enlace nos testes de campo, mostraram que o limite seguro são enlaces de até 12km.

O hAP AC lite foi utilizado apenas pelo seu tamanho reduzido que permitiu sua instalação dentro da mesma caixa onde está instalado o datalogger. Como os tamanhos físicos dos Modems 3G comumente disponíveis no mercado não se adequava ao espaço interno da Omnitik se fez necessária a aplicação deste equipamento para a realização da comunicação com a internet.

Assim as torres do Projeto Piloto foram equipadas da seguinte forma:

- Torre 1 – 1 (um) LHG;
- Torre 2 – 1 (um) LHG;
- Torre 3 – 1 (um) Omnitik e 1 (um) hAP AC lite;
- Torre 4 – 1 (um) LHG e 1 (um) Omnitik;
- Torre 5 – 1 (um) LHG;
- Torre 6 – 1 (um) LHG.

#### 3.4 As configurações de rede

Para facilitar a instalação de novas torres e para permitir o acesso de qualquer datalogger de qualquer ponto na rede, decidiu-se configurar o protocolo de roteamento dinâmico OSPF (Open Shortest Path First) em toda a rede de roteadores. Para instalar um novo roteador, precisa apenas configurar o próprio roteador para fazer parte do OSPF, e outras configurações “padrão”, tais como, endereço do gateway padrão que varia caso a caso, endereço do servidor NTP (sincronismo de tempo), servidor DNS (específico para cada projeto), etc., e incluir o novo link na configuração do OSPF do roteador vizinho.

#### 4.0 - PROBLEMAS ENCONTRADOS

A medida que o sistema de comunicação foi sendo expandido algumas dificuldades foram sendo encontradas das quais podemos elencar com destaque:

- Baixa qualidade nos enlaces;
- Perda de comunicação por desligamento do equipamento;
- Dimensionamento do sistema alimentador.

No caso da baixa qualidade dos enlaces, inicialmente foram aplicadas as configurações padronizadas para os enlaces de comunicação, todavia notou-se que em alguns enlaces o CCQ (Client Connection Quality) estava com valores bastante baixos (<30%) impedindo uma velocidade de comunicação mais rápida. Mesmo com o baixo CCQ, é importante frisar, que a comunicação dos dataloggers ocorria sem qualquer dificuldade, mas com uma velocidade aquém do esperado. Foi necessário ajustar os parâmetros dos enlaces individualmente para que o CCQ atingisse um valor minimamente aceitável (> 80%).

Já para o caso da perda de comunicação, esta ocorria quando havia um incremento no tráfego de dados. Após investigação, percebeu-se que um dos Mikrotik estava se desligando, pois foi constatado no log que quando o enlace era restabelecido os registros eram como se houvesse um reinício do roteador. Investigando mais profundamente obteve-se a confirmação que o roteador estava se desligando. Estudos mais detalhados identificam a origem do problema. Como os equipamentos de comunicação são alimentados via portas PoE a queda de tensão no cabo de rede, com o aumento da corrente, impedia que chegasse ao dispositivo a tensão de

alimentação mínima para funcionamento. O problema estava relacionado com o comprimento do cabo de rede (PoE) que interligava um LHG a um Omnitik da caixa do datalogger onde está a “fonte” de alimentação em 12V.

A solução para o problema foi a instalação de conversor CC/CC para elevar a tensão de 12V para 24V. Adotou-se como padrão a instalação do conversor sempre que o comprimento do cabo de rede PoE for maior que 10 metros, pois, de acordo com cálculos realizados, deve-se ter uma queda de tensão de 0,5V aproximadamente a cada 10 metros.

As torres de medição com dataloggers mais recentes são configurados com uma porta de saída do datalogger capaz de chavear uma carga CC de forma programada. Utilizou-se este recurso para ligar e desligar o sistema de comunicação da torre (roteadores) em horários pré-determinados.

Entretanto, para os casos de dataloggers seriais que não possuem a possibilidade de chavear cargas CC, os equipamentos de comunicação permanecem energizados 24h por dia, 7 dias por semana. A depender da quantidade de equipamentos de comunicação instalados numa torre com este tipo de datalogger instalado, o sistema de alimentação comumente empregado, dimensionado para o sistema padrão indicado pelo fabricante, (painel solar, controlador de carga e baterias) não suporta o acréscimo de carga devido a implantação dos novos dispositivos de comunicação.

Nestas situações, adotou-se uma das duas soluções a seguir: (i) instalação de novos painéis e/ou baterias na torre, ou (ii) instalação apenas um novo controlador de cargas, sem bateria associada, para alimentar o sistema de comunicação. No primeiro caso o sistema de comunicação permanece energizado continuamente. No segundo caso, o sistema de comunicação só é energizado quando há produção de energia através da placa solar.

## 5.0 - CUSTOS

O Objetivo deste estudo foi reduzir de forma significativa os custos com equipamentos e de tráfego de dados nos projetos de prospecção de parques eólicos. A partir desta premissas realizou-se o comparativo do custo efetivo global do Projeto Piloto com a solução padrão sugerida pelo fabricante do datalogger e comumente oferecida pelos fornecedores de torres anemométricas versus a rede Wireless implantada.

### 5.1 Solução Padrão

A solução padrão tem o custo de um equipamento de comunicação via satélite por torre que custa em média R\$13.700,00 cada. Para o caso do Projeto Piloto, como são 6 (seis) torres, valor total apenas de equipamentos seria de R\$82.200,00.

Além dos elevados custos dos equipamentos, faz-se necessário um contrato de pacote de dados, que, para o caso específico, está em torno de R\$500,00 mensais totalizando cerca de R\$6.000,00 anualmente para cada torre, ou R\$ 36.000, anuais.

### 5.2 Solução Wireless

O custo dos três tipos de equipamento utilizados no Projeto Piloto são:

- LHG – R\$452,00;
- Omnitik – R\$613,00;
- hAP AC lite – R\$300,00.

Assim como no projeto são utilizados 5 (cinco) LHG, 2 (dois) Omnitik e 1 (um) hAP AC lite o valor total despendido com equipamentos foi de R\$3.786,00.

Para saída de internet foi contratado um pacote de dados que atende suficientemente as 6 torres implantadas nesse projeto a um custo de R\$30,00 mensais.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Diante do exposto pode-se concluir que é absolutamente factível a redução de custos na comunicação de torres anemométricas para prospecção de parques eólicos tanto na aquisição de equipamentos quanto na contratação de pacotes de dados. Um estudo específico para cada projeto deve ser feito para melhor avaliação de qual solução empregada é economicamente mais viável ao empreendimento.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Santos Junior, J.G. Influência da duração da campanha de medição na estimativa da produção anual de energia de um parque eólico. Dissertação de Mestrado. UFPE, Recife, 2014.

## 8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Ycaro Roberto Saturnino Gomes é pós-graduado em Gerenciamento de Projeto pela FG em 2019. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco em 2013. Trabalha desde 2014 como Engenheiro Eletricista na Brennand Energia no desenvolvimento e construção de parques eólicos.

Luiz Carlos Florentino Filho – Gerente de Implantação de Projetos da Brennand Energia Eólica, desde 2011. Engenheiro Eletricista formado pela Universidade Federal de Pernambuco em 1985. MBA em Gestão de Empresas pela FGV, 2010. Membro do Cigré.

José Guilhermino dos Santos Junior - Mestre em Engenharia Mecânica/ Energia Eólica pela Universidade Federal de Pernambuco em 2014. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco em 2010. Técnico em eletrotécnica pelo Instituto Federal de Pernambuco, 2008. Desde 2011 trabalha como coordenador de desenvolvimento de projetos eólicos na Brennand Energia Eólica.