



Importância da Qualidade nos Projetos Executivos das Redes Coletoras dos Parques Eólicos

Ricardo Gedra¹, Plácido Brunheroto², Fábio Brunheroto³, Daniel Bento⁴

1 Instituto de Especialização em Ciências Administrativas e Tecnológicas

Centro Universitário da FEI

2 Departamento Técnico

Redenel Engenharia

3 Departamento Técnico

Redenel Engenharia

4 Diretoria Técnica

RDS Brasil

Av. Pedroso de Moraes, 677, conjunto 152, Pinheiros - São Paulo - SP, Brasil

ricardo.gedra@hotmail.com

RESUMO

O presente artigo descreve situações vivenciadas no desenvolvimento de projetos executivos de redes coletoras de parques eólicos que se não forem considerados podem impactar na disponibilidade operativa da usina e também em custos adicionais de construção e/ou manutenção. Dentre as situações ilustradas estão o dimensionamento otimizado do condutor e da blindagem, além da possibilidade de prever opções de manobra da rede coletora para contornar rapidamente problemas operacionais. As ações de projeto executivo planejadas de forma adequada contribuem para que o empreendimento apresente maior rentabilidade.

Palavras-chave: *Cabo isolado de média tensão, Rede coletora, Projeto executivo*

1 INTRODUÇÃO

No projeto de construção de um parque eólico é necessária a instalação de uma rede elétrica capaz de conduzir a energia produzida até a subestação elevadora. Essa infraestrutura é construída de forma subterrânea e conhecida como rede coletora.

Durante a construção é esperado que a rede demande o menor custo possível, desde que atenda aos critérios técnicos aplicáveis. Após o início de operação do parque eólico também há a expectativa de que o custo de manutenção e operação desta rede não seja elevado.

Adicionalmente durante a operação do parque eólico também é de grande importância que a rede coletora apresente elevada confiabilidade com uma alta taxa de disponibilidade.

Essa expectativa é atribuída ao fato que após início de operação a receita do empreendimento eólico está associado ao fornecimento de energia que já está contratado desde o leilão que viabilizou a sua construção e uma falha na rede coletora pode impedir que parte da energia elétrica produzida seja escoada.

Para que esses objetivos sejam alcançados é necessário que o desenvolvimento do projeto executivo seja realizado com grande atenção e por profissionais experientes, de tal forma a antever situações de campo que porventura possam impedir o atingimento dos objetivos citados anteriormente, contribuindo assim para a rentabilidade do empreendimento.

Os capítulos seguintes exemplificam algumas situações destacando a importância da qualidade no projeto da rede coletora, confrontando com os benefícios gerados.

2 SIMULAÇÃO DO ESPAÇAMENTO IDEAL ENTRE CIRCUITOS

Tendo em vista que nos parques eólicos normalmente há disponibilidade para que o espaçamento entre circuitos seja superior aos valores indicados na NBR 14.039 é conveniente que o projetista calcule as correntes suportáveis para os cabos com afastamentos variáveis. [1]

O aumento nas distâncias entre circuitos pode implicar em seções menores de condutores, reduzindo assim o custo de aquisição dos cabos, contudo essa ação pode implicar em custos adicionais de obras civis, para realizar a abertura de valas, o que deve ser ponderado pelo projetista.

Em um cenário onde existem vários circuitos e um aumento na largura da vala não representa custo significativo é possível simular o aumento do espaçamento dos circuitos, partindo da premissa estabelecida na NBR-14039, até que a capacidade de condução de corrente de uma seção inferior fique compatível com a corrente necessária, economizando assim na seção do cabo.

Neste exemplo, caso seja possível reduzir uma seção do cabo (de 300 mm² para 240 mm²) com um ganho de R\$ 4,00 por metro, em um parque eólico onde tenha previsão de instalação de 30.000 metros, o benefício gerado por essa ação na compra dos cabos é de R\$ 120.000,00.

No caso onde o processo de abertura das valas é de baixa complexidade o custo adicional do aumento da largura da vala é marginal, fazendo com que essa ação apresente elevada rentabilidade.

3 DIMENSIONAMENTO CONSIDERANDO CARGA VARIÁVEL

O dimensionamento dos condutores em geral considera uma determinada corrente elétrica sendo transmitida pelos cabos de forma constante, contudo em condições práticas essa corrente é variável em função da velocidade do vento.

Devido a inercia térmica da isolação dos cabos, as variações de temperaturas não são instantâneas e conseqüentemente podem permitir acréscimos de correntes quando comparadas com os valores calculados para corrente constante.

A metodologia para cálculos de correntes nos cabos para ciclos de cargas variáveis está indicada na IEC 60.853-1 e requer a simulação por meio de software específico. [2]

De acordo com os critérios estabelecidos pela norma da IEC é possível considerar os cálculos das correntes em função do ciclo de geração de 24 horas ou do fator de perdas no período correspondente. [2]

Efetuando-se os cálculos verifica-se que as correntes para as curvas de fatores de cargas de 75 % e 55 % são superiores a correspondente de carga contínua (fator de carga: 100 %), permitindo assim aproveitar de forma mais otimizada o projeto da rede coletora.

Evidentemente que também é necessário considerar as perdas elétricas neste projeto, para evitar que a redução do preço da compra do cabo não resulte em um acréscimo de perdas elétricas, que no longo prazo reduzem a receita de venda da energia.

4 CORRENTES ECONÔMICAS

A definição da seção de um cabo levando em consideração a menor seção que permita atender a potência de geração pode não implicar na melhor solução econômica caso seja levado em consideração o período e os custos de operação correspondente.

O custo total correspondente a instalação de um cabo pode ser dividido em duas parcelas a saber:

- investimento inicial: corresponde ao valor do cabo e de sua instalação que são crescentes com os aumentos das seções;
- custo de operação: valores decorrentes das perdas de energia, cujos valores são inversamente proporcionais às seções dos cabos.

Para uma determinada corrente há uma seção mínima de cabo que permite sua operação em condições normais. Mantendo esta corrente e aumentando as seções dos condutores ocorrerá um aumento no investimento inicial e uma redução no custo de operação conforme ilustrado na figura 1. O custo total (investimento + operação) mínimo normalmente corresponde a uma seção inferior a mínima

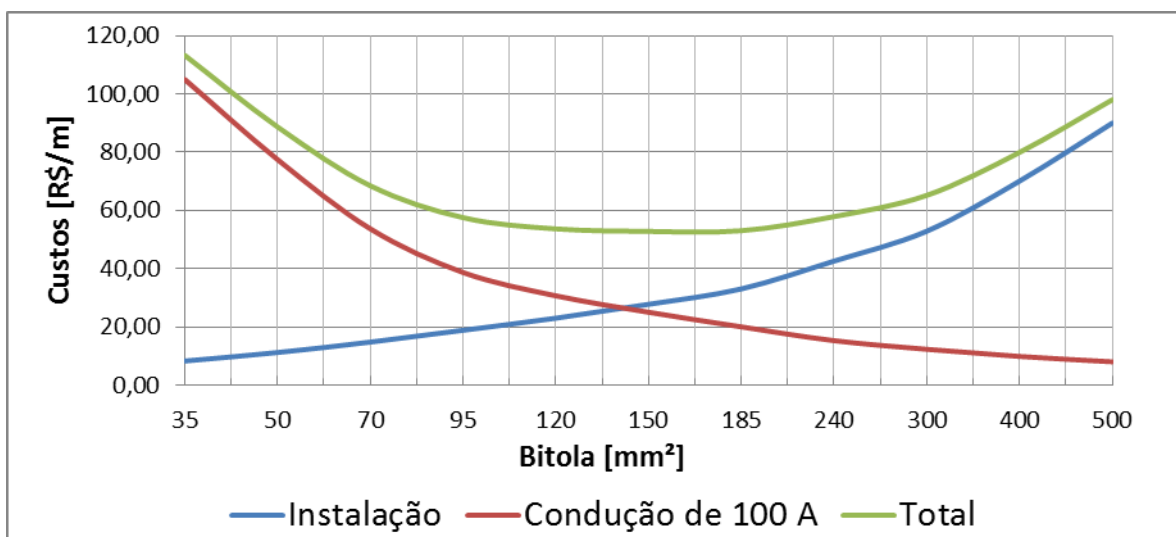


Figura 1: Ilustração das componentes de custo de construção e dos custos de perdas

O cálculo rigoroso da seção econômica é dificultado na prática pela complexidade dos parâmetros a serem adotados e pelas incertezas das evoluções do mesmo no tempo (cargas, custos dos materiais, taxas financeiras, etc.).

A metodologia de cálculo básica para uma estimativa preliminar das correntes econômicas, levando em conta diversas hipóteses simplificadoras, está apresentada a seguir.

$$CTX = CCX + CPX$$

$$CCX = NCX * CCX$$

$$CPX = CPAX * CEN * FAT$$

$$CPAX = NCX * RCX * I^2 * FP * 8,760$$

$$FAT = [(1 + J)^N - 1] / [(1 + J)^N * J]$$

onde:

- CTX: custo total (material + perdas atualizadas no período), em R\$;
- CCIX: custo dos cabos de seção X do circuito (3 fases + neutro), em R\$;
- CPX: custo atualizado das perdas no cabo de seção X no período, em R\$;
- CCX: custo unitário do cabo de seção X, em R\$ / m;
- CPAX: perdas totais anuais, em kwh;
- FAT: fator de atualização de custos, em pu;
- RCX: resistência do condutor X, em Ohm / km;
- I: corrente em amperes;
- FP: fator de perdas, em pu
- CEN: custo de energia, em R\$ / Wh;
- J: taxa de juros anuais, em pu;
- N: período de estudo, em anos;

Com base no dimensionamento adequado da rede coletora é possível buscar o menor custo global, considerando construção e operação do parque eólico.

5 FLEXIBILIDADE OPERATIVA

Para atingir o objetivo de que a rede coletora deve oferecer grande confiabilidade é possível projetar alternativas que permitam manobrar os circuitos elétricos dos aerogeradores em caso de uma contingência, de tal forma a oferecer o menor tempo de indisponibilidade possível.

Por exemplo, em um cenário com dois parques eólicos próximos e com uma subestação existente entre eles é possível planejar centros de manobra ou apenas dispositivos de manobras que aumentam a flexibilidade operativa, conforme é possível observar na figura 2.

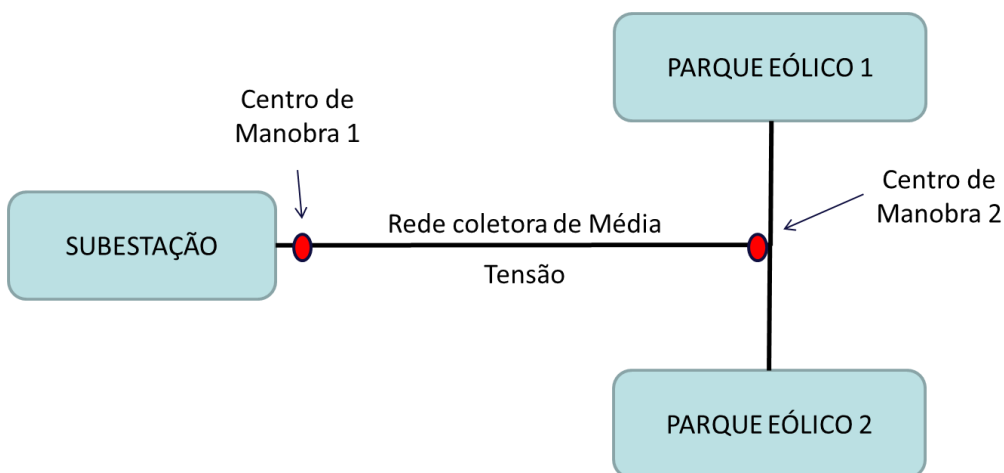


Figura 2: Exemplo de localização de centros de manobra em parque eólico

O benefício proporcionado por esse recurso permite que na falha de um cabo rapidamente seja possível realizar a manobra dos aerogeradores para outro circuito. Esse outro circuito pode ser dimensionado para operar com essa carga adicional ou o projeto pode considerar essa operação em condição de contingência por um período limitado de tempo, seguindo as premissas do fabricante do cabo, para não causar nenhum dano.

Um circuito com 5 aerogeradores de 2 MW de um parque eólico provido deste recurso pode evitar a perda de R\$ 15,7 mil caso a falha em um circuito que não seja provido deste recurso demande 24h para reestabelecimento.

Esses cálculos consideram o fator de capacidade médio de 2014 das usinas eólicas brasileiras de 0,37 de acordo com o “Boletim de Operação das Usinas” da CCEE e o preço de R\$ 177/MWh que corresponde ao resultado do leilão de fontes alternativas de 27/04/2015.

$$10 \text{ MW} \times 24\text{h} \times 0,37 = 88,8 \text{ MWh}$$

$88,8 \text{ MWh} \times \text{R\$ } 177/\text{MWh} = \text{R\$ } 15,7 \text{ mil}$

Apenas uma ocorrência ao longo de toda vida do parque eólico já apresenta um prejuízo financeiro equivalente ao custo de instalação de terminais desconectáveis para permitir essas manobras.

Como esta situação pode ocorrer várias vezes ao longo de todo o tempo de vida útil do parque eólico o benefício pode superar muitas vezes o prejuízo do tempo indisponível de geração.

6 COMPATIBILIDADE ENTRE BLINDAGEM DO CABO E CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

Durante o dimensionamento da rede coletora é dedicada grande ênfase no cálculo da seção do condutor, contudo existem situações em parques eólicos onde a especificação da seção da blindagem não foi estudada com maior profundidade, resultando em graves problemas operacionais.

A blindagem do condutor deve ser dimensionada de forma a ficar compatível com a corrente de curto-circuito monofásico da subestação. Essa compatibilização pode ser feita limitando a corrente de curto-circuito e/ou aumentando a seção da blindagem.

Aumentar a seção da blindagem requer conhecimento do aspecto construtivo do cabo e interlocução junto ao fabricante, para que esse dimensionamento seja viável para o processo de fabricação.

Parques eólicos com problemas de compatibilidade entre o dimensionamento da blindagem com a corrente de curto-circuito podem apresentar falhas frequentes.

Analogamente ao dimensionamento do prejuízo calculado no item anterior pelo não fornecimento de energia durante um dia, até que a falha seja localizada e reparada, podemos estimar em um valor de R\$ 15,7 mil.

Somado a este prejuízo deve-se considerar também a despesa para localizar e reparar a falha, que pode ser estimado em aproximadamente R\$ 15 mil, totalizando portanto o montante de R\$ 30,7 mil.

A experiência dos autores com este tipo de problema permite afirmar que nos casos em que há este problema, em média ocorre uma falha deste tipo por ano. Considerando esse prejuízo durante 20 anos de operação do parque eólico totalizamos um montante de R\$ 614 mil.



Por outro lado o custo adicional para realizar um projeto e dimensionamento adequado das instalações é marginal, tendo em vista que essa análise é resultante de cálculos de curto-circuito, que já são feitos no projeto, apenas necessidade de dedicação na interpretação dos resultados e preparação da especificação dos materiais de forma compatível.

5 CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi possível observar que existem diversas ações que podem ser implementadas no sentido de reduzir custos e aumentar a disponibilidade e confiabilidade da rede coletora.

A dedicação aplicada na fase de projeto mitiga enormemente os impactos na operação do parque, contribuindo para atingir os objetivos esperados para o desempenho da rede coletora.

O senso comum que investir no planejamento bem feito é mais econômico do que o reparo de problemas decorrentes de sua deficiência foi possível de ser evidenciado em função da análise financeira comparativa entre custo adicional e prejuízo decorrente de falhas na rede coletora.

De uma forma geral foram considerados prejuízos de indisponibilidade de geração por um dia, contudo existem situações que devido ao afastamento dos parques eólicos o tempo de mobilização e equipe, deslocamento e reparo é superior a esta estimativa, aumentando ainda mais o prejuízo.

Existe outro aspecto também não mencionado, mas que pode resultar em um benefício significativo, que é a possibilidade de redução das despesas com pessoal de manutenção, seja próprio ou por meio de contrato, a medida que os parques eólicos existentes de um mesmo grupo empresarial apresentem maior confiabilidade operacional.

Desta forma, a partir do desenvolvimento de um projeto executivo adequado da rede coletora é possível melhorar o desempenho da rede coletora, contribuindo para aumentar a rentabilidade do empreendimento.



REFERÊNCIAS

[1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro, 2005.

[2] IEC 60853-1: Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables. Part 1: Cyclic rating factor for cables up to and including 18/30(36) kV. 1985, Suíça.

BIOGRAFIAS

Ricardo Gedra – engenheiro eletricitista e Mestre em Sistemas Elétricos de Potência pela USP. É certificado como PMP de Gerenciamento de Projetos. Possui 20 anos de experiência profissional no Setor Elétrico, trabalhando na AES Eletropaulo e na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Sua atuação inclui atividades de projeto e manutenção de equipamentos de subestações e de redes de distribuição, além de experiência na contratação e gerenciamento de obras em instalações elétricas, bem como detém amplo conhecimento da regulamentação do setor. Possui 5 livros publicados relacionados ao setor elétrico e ministra aulas sobre o tema no curso de Pós Graduação de Sistemas Elétricos do Centro Universitário da FEI.

Plácido Brunheroto – engenheiro eletricitista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1972). Possui vasta experiência na área de distribuição de energia. Especialista em redes subterrâneas. Coordenou por vários anos a área de Engenharia de Redes Subterrâneas da AES Eletropaulo. Implementou e alterou padrões de redes subterrâneas. Pesquisador de vários P&D's relacionados a redes subterrâneas nas empresas Light, Themag, Pirelli, AES Eletropaulo e CPFL Energia.



Fábio Brunheroto – engenheiro eletricitista com ênfase em eletrotécnica pela Escola de Engenharia Mauá – Instituto Mauá de Tecnologia. Possui Pós-graduação “Lato Sensu” em Sistemas Elétricos de Potência na Universidade Paulista. Pesquisador de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento destinados à rede de distribuição subterrânea de energia elétrica, realizando estudos de topologia, características, especificações e custos. Participação em estudo de proteção primária para transformadores da rede de distribuição subterrânea, realizando estudos de coordenação das proteções e especificações de materiais.

Daniel Bento – engenheiro eletricitista com certificação internacional (Project Management Professional - PMP) de Gerenciamento de Projetos. Possui MBA na área Finanças pela FAAP e especialização em gerenciamento de projeto pela fundação Vanzolini e FGV. Realizou diversas visitas técnicas e cursos relacionados a redes subterrâneas de energia em empresas e concessionárias Europeias (Áustria, Alemanha, França e Espanha). Trabalha a mais de 25 anos no setor de energia. É diretor executivo da RDS Brasil, empresa especializada em soluções para Redes Subterrâneas de Energia. Exerceu vários cargos e funções na área de distribuição de energia elétrica, com destaque para a coordenação do desempenho técnico de todo o sistema de distribuição subterrânea da AES Eletropaulo. Coautor do livro intitulado: Sistema Elétrico de Potência - SEP - Guia Prático - Conceitos, Análises e Aplicações de Segurança da NR-10 (Editora Érica)