**XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E
ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**
**VIII ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE GESTIÓN
Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Do conhecimento à ação: práticas avançadas de gestão da produção
Londrina, Paraná, Brasil. 23 a 25 de Outubro de 2019

**MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ESCAVAÇÃO E
LANÇAMENTO DE CABOS EM USINAS FOTOVOLTAICAS**

ECCEL, João Vítor (1); OVIEDO HAITO, Ricardo Juan José (2);

(1) SETA ENGENHARIA S.A., (48) 3212-5121, e-mail: joao_eccel@hotmail.com (2) Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: ricardo.oviedo.haito@ufsc.br

ABSTRACT

Sustainable energies generation, in which the photovoltaic energy generation is included, has been growing expressively. This fact causes the number of construction companies that work in this area to increase, intensifying competition and forcing companies to find out solutions to get advantages over others. One area where advantages could be exploited is trench execution and cable plowing, since it is one of the longest phases in the construction of photovoltaic power plants. The goal of this study is to identify alternative methods for trench excavation and cable plowing in photovoltaic power plants in Brazil. An exploratory qualitative research was conducted. Data on executive methods were collected in the literature and in interviews. Two alternative methods were identified as advantageous over the conventional method. For example, the use of plowing method's mechanized operations could lead to shorter schedules. It also requires less workers in the field, reducing risks of injuries. In addition, plowing method requires less elements in the trench. Hence, companies could consider their use to improve productivity in the field, making themselves more competitive.

Keywords: excavation, plowing, competitiveness, photovoltaic power plant.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Ramos e Gondim (2017), os investimentos globais em energias renováveis crescem a uma média anual de 15%, destacando-se a fonte solar. Devido à disponibilidade de recurso solar no Brasil, por fatores como localização geográfica e disponibilidade de áreas, estima-se em 28.000 GW a capacidade que poderia ser instalada em geração fotovoltaica centralizada (EPE, 2017). Atualmente, há apenas 1.406 MW em operação (há também 803 MW em construção e 1.449 com construção ainda não iniciada) (ANEEL, 2018).

Paralelamente à grande oferta para aumento capacidade instalada, está ocorrendo a diminuição do preço médio da energia fotovoltaica nos leilões de geração da ANEEL (ECCEL, 2018). Com isso, as empresas do setor buscam diminuir seus custos, inclusive as empresas que construirão as usinas fotovoltaicas.

Nesse sentido, esse trabalho aborda duas etapas importantes da construção de usinas fotovoltaicas: escavação de valas e lançamento de cabos.

As valas permanecem abertas por longos períodos antes de serem reaterradas. Com isso, limita-se o trânsito de outros equipamentos no canteiro de obras e gera-se outras

interferências na execução das demais atividades da obra. O processo de lançamento de cabos (posicionamento dos cabos dentro das valas) é, comumente, manual, o que reduz a velocidade de execução e demanda muita mão de obra.

A extensão das valas fica na ordem de dezenas a centenas de quilômetros, como, por exemplo, no Complexo Fotovoltaico Pirapora, onde foram construídos 529 mil metros de vala (SOLATIO, 2016).

Dessa forma, surge o questionamento: quais métodos alternativos poderiam ser usados para a escavação de valas e para o lançamento de cabos de forma mais rápida? O objetivo deste trabalho foi identificar métodos construtivos para escavação de valas e lançamento de cabos mais rápidos que os convencionais em obras lineares em usinas fotovoltaicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cabos e condutores em usinas fotovoltaicas

Nas usinas fotovoltaicas, os cabos condutores são divididos em: baixa tensão (BT) e média tensão (MT). Os condutores de baixa tensão estão divididos em dois grupos: cabos solares (1), os quais conduzem energia em corrente contínua (CC) e conectam os painéis fotovoltaicos à *string box* (ou diretamente ao inversor, dependendo de critérios projetuais), e cabos não-solares (2), os quais conectam a *string box* ao transformador, passando pelo inversor. Após o inversor, os cabos conduzem a energia em corrente alternada (CA) até o transformador, onde a tensão será elevada para média tensão. O transformador fica dentro da subestação unitária. Em seguida, a energia é conduzida até a subestação coletora, a partir da qual a energia segue para o sistema interligado nacional. A Figura 1 ilustra, em um esquema, como é o cabeamento em uma usina fotovoltaica, e descreve os equipamentos conectados pelos cabos.

Figura 1 - Esquema ilustrativo da distribuição dos cabos condutores em usinas fotovoltaicas

Fonte: Eccel (2018)

2.2 Métodos de instalação de condutores subterrâneos

Segundo Sanz (2017), os métodos existentes para instalação de cabos enterrados podem ser classificados em dois grupos: instalação por métodos de escavação sem vala e instalação por abertura de valas (método tradicional).

2.2.1. Métodos de escavação sem valas

Os métodos de escavação sem vala são caracterizados como o conjunto de processos, materiais e equipamentos para a instalação, reparação e substituição de dutos e cabos subterrâneos mediante o uso de técnicas que reduzam ou eliminem a necessidade de escavação (ABRATT, s.d.). Os métodos de escavação sem valas podem ser divididos em três grandes grupos, conforme ilustra a Figura 2, sendo os dois primeiros relacionados com o reparo e substituição de dutos existentes. O grupo da instalação de novas redes é o que tem maior similaridade com o assunto de interesse deste artigo.

Figura 2 - Métodos de escavação sem valas

Fonte: Adaptado de Sanz (2017)

2.2.2. Métodos por abertura de valas

Os métodos por abertura de valas, também chamado de MAV, consistem na abertura das valas através de perturbação do estado normal da superfície do solo (HASANUZZAMAN, 2016). Tais métodos são divididos conforme a Figura 3.

Figura 3 - Métodos de escavação com abertura de valas

Fonte: Adaptado de Hasanuzzaman (2016)

O método convencional, usualmente utilizado no Brasil, é descrito a seguir.

2.2.2.1. Método convencional

A sequência executiva do método convencional é ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Sequência executiva do método convencional

Fonte: Eccel (2018)

Segundo Bascom, Williams e Kwilinski (2016), a primeira etapa do processo de escavação é usualmente realizada com máquina retroescavadeira. A Figura 5 (a) mostra, em uma visão aérea, as valas “abertas” em uma usina fotovoltaica.

A construção de caixa de passagem e o lançamento dos eletrodutos é feito comumente de forma manual, pelos operários. A Figura 5 (b) mostra o processo de posicionamento dos eletrodutos nas valas, e a Figura 5 (c) exhibe a vala com eletrodutos posicionados.

Segundo S. Engenharia (2018), a compactação é feita com compactador mecânico do tipo sapo. A Figura 5 (d) mostra os dispositivos de proteção mecânica posicionados dentro da vala, e a Figura 5 (e) mostra o processo de compactação.

Após o reaterro, inicia-se o lançamento de condutores, a partir dos cabos guia nos eletrodutos. Os condutores são lançados trecho a trecho, entre as caixas de passagem. O puxamento dos condutores utiliza grande quantidade de mão de obra. A Figura 5 (f) mostra essa atividade.

Após o lançamento dos condutores, o serviço está concluído.

Figura 5 - Etapas executivas do método convencional

Fonte: S. Engenharia (2018)

3 MÉTODO

A pesquisa executada teve caráter exploratório e foi executada da seguinte forma:

O questionamento surgiu durante o estágio de um dos autores em uma empresa de construção civil pesada em Florianópolis, a partir do qual foi produzido um TCC (ECCEL, 2018). Na situação, uma grande empresa geradora de energia oferecia incentivos no processo de seleção de construtoras para aquelas que utilizassem soluções mais rápidas e seguras na escavação de valas e lançamento de cabos.

Os dados foram coletados entre junho e novembro de 2018, e incluíram pesquisas em livros, periódicos, teses e normas técnicas, catálogos de fabricantes e entrevistas não estruturadas com um projetista e uma gestora de contratos de empresas da área de energias renováveis. Uma empresa foi a construtora do estágio do autor (chamada aqui de S. Engenharia) e a outra uma empresa projetista, parceira da anterior. Essas entrevistas contribuíram com dados de projetos e de imagens da execução utilizados neste artigo.

Os dados de campo foram contrastados com os dados da academia e de fornecedores especializados para construir os resultados discutidos a seguir.

As alternativas foram identificadas a partir de critérios diversos, tais como: mecanização, quantidade de elementos nas valas, uso de mão de obra, paralelismo entre escavação e lançamento, e no posicionamento dos componentes da vala. A identificação não se baseou em indicadores de prazo ou produtividade.

4 RESULTADOS

4.1 Métodos de escavação alternativos

Dentre os métodos mencionados no item 2, os métodos de escavação sem valas mostraram-se apropriados a áreas onde escavações na superfície trariam impactos negativos, como em estradas de áreas urbanizadas, o que usualmente não se aplica às usinas fotovoltaicas.

Dentre os métodos por abertura de valas, o único não utilizável é o micro-vala. Ele é utilizado na instalação de cabos de fibra-óptica em regiões urbanas, a profundidades de até doze centímetros (HASANUZZAMAN, 2016). Assim, ele não atenderia à profundidade mínima.

O método por abertura de valas mostrou-se mais indicado. Dentro dele, duas alternativas foram encontradas: método de lançamento direto e método mini-vala.

4.2 Método lançamento direto

A sequência executiva do método é ilustrada na Figura 6.

Figura 6 - Sequência executiva do método de lançamento direto

Fonte: Adaptado de Tesmec & Marais (2018)

O processo de escavação é realizado com máquina “valetadeira”, com roda dentada (TESMEC & MARAIS, 2018). A Figura 7 ilustra o equipamento utilizado e seus acessórios enquanto a Figura 8 ilustra a estrutura padrão de trabalho.

Figura 7 - Máquina valetadeira com acessórios identificados

Fonte: Adaptado de Tesmec & Marais (2018)

Figura 8 - Estrutura padrão de trabalho do método de lançamento direto

Fonte: Adaptado de Tesmec & Marais (2018)

Acoplada à valetadeira, existe a caixa de lançamento (*laying box*), que tem como função posicionar os cabos e lançá-los na vala (TESMEC & MARAIS, 2018). A valetadeira é utilizada com duas máquinas auxiliares: *wrapping* e carregadora de bobina.

Paralelamente ao lançamento, é posicionada a fita de sinalização e executa-se o reaterro.

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2008), quando cabos diretamente enterrados (sem eletrodutos) são instalados sem proteção mecânica adicional, devem ser utilizados cabos armados. Nesse método, pode-se optar por instalar cabos armados ou utilizar cabos convencionais com proteção mecânica adicional.

As caixas de passagem são construídas apenas onde haja emenda nos condutores, segundo a NBR 5410 (ABNT, 2008).

As vantagens do método são descritas na Figura 9.

Figura 9 - Vantagens do método de lançamento direto

Vantagem	Descrição
Facilidade	Menor operários, menos material para processar e menos caminhões transitando, cabo condutor diretamente enterrado (elimina-se necessidade de usar eletroduto).
Segurança	Menos operários envolvidos. Menor risco de acidentes por não haver necessidade de entrar na vala.
Qualidade	Cabos posicionados precisamente de acordo com as especificações.

Fonte: adaptado de Marais (2018)

4.3 Método mini-vala

A sequência executiva do método é ilustrada na Figura 10.

Figura 10 - Sequência executiva do método mini-vala

Fonte: Adaptado de Microzanjas (2018)

Mini-valas têm largura entre 7 e 35 centímetros e profundidade máxima de 130 centímetros (MICROZANJAS, 2018).

Para a escavação, utiliza-se máquina “valetadeira”, conforme Figura 11.

Figura 11 - Máquina valetadeira com corrente dentada utilizada no método mini-vala

Fonte: Microzanjas (2018)

As demais etapas são executadas conforme o método convencional.

Entre as vantagens do método, segundo Microzanjas (2018), está a trabalhabilidade da valetadeira em praticamente todo o tipo de terreno, e a menor quantidade de solo removido, devido à menor dimensão da vala.

4.4 Produtos obtidos em cada método

Os diferentes tipos de vala obtidos nos métodos são exibidos na .

4.5 Características da execução

Para o método de lançamento direto, todas as etapas são realizadas de forma mecanizada. Além disso, há menos elementos para lançar, como os eletrodutos. Por outro lado, para o método mini-vala, o grau de mecanização é similar ao método convencional (diferença está no equipamento de escavação). Quanto maior o grau de mecanização, maior a rapidez de execução. Ainda, com menos operários envolvidos, menor é o risco de acidentes.

O método de lançamento direto também tem a vantagem de o lançamento e o reaterro serem feitos paralelamente à escavação, acelerando a execução e diminuindo o retrabalho.

Com isso, o método de lançamento direto é aquele que mais se aproxima dos requisitos solicitados pela empresa geradora de energia.

Figura 12 - Tipos de vala produzidos por cada método analisado

Método	Características da vala
Convencional	<p>Seção Transversal</p> <p>Características da vala</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vala com seção de 90 x 90 cm; • Camadas de 20cm de reaterro compactado; • Existência de proteção mecânica adicional; • Utilização de eletrodutos; • Cabos condutores com proteção convencional.
Lançamento direto	<p>Seção Transversal</p> <p>Características da vala*</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vala com seção de 35 x 90 cm; • Não utilização de eletrodutos; • Cabos condutores armados (dado que inexistente proteção mecânica adicional).
Mini-vala	<p>Seção Transversal</p> <p>Características da vala*</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vala com seção de 35 x 90 cm.
*Diferenças em relação à vala obtida pelo método convencional	

Fonte: Eccel (2018)

5 CONCLUSÃO

Entre as opções para aumentar a rapidez de escavação e lançamento de cabos em relação ao método convencional, destacaram-se dois métodos: lançamento direto e mini-vala. Como vantagens, tem-se: maior mecanização, utilização de menos elementos nas valas e menor quantidade de material escavado. O diferencial está na redução do uso de mão de obra, advindo da mecanização das operações. Este artigo contribui ao conhecimento de como aumentar a rapidez na execução de etapas representativas da obra civil em usinas fotovoltaicas: escavação de valas e lançamento de cabos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração**. 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/FontesEnergia.asp>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005. Versão corrigida em 2008. 209 p. Disponível em: <<https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=10146>>. Acesso em: 13 de junho de 2018. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039**: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. 1ª edição. Rio de Janeiro, 2005. 87 p. Disponível em: <<https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=1099>>. Acesso em: 13 de junho de 2018. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15465**: Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2008. 37 p. Disponível em: <<https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?ID=185>>. Acesso em: 03 de novembro de 2018. Acesso exclusivo para assinantes da coleção eletrônica.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA (ABRATT). Disponível em: <<https://goo.gl/iFvbgY>>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.
- BASCOM, E. C.; ANTONIELLO, V. D. Underground Power Cable Considerations: Alternatives to Overhead. **47th Minnesota Power Systems Conference (MIPSYCON)**, [s. l.], p. 1–3, 2011.
- BASCOM, E. C. R.; WILLIAMS, J.; KWILINSKI, M. Technical considerations for applying trenchless technology methods to underground power cables. **Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference**, [s. l.], 2016.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. 2017. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2026>>. Acesso em: 12 de junho de 2018.
- ECCEL, J. V.; **Alternativas para escavação e lançamento de cabos subterrâneos em usinas fotovoltaicas**. 2018. Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- HASANUZZAMAN, M. **An Investigation on Micro-Trenching Technology for FTTH Deployment**. University of Alberta. 2016.
- MARAIS. **Mechanical Laying**. Disponível em: <<https://www.samarais.com/en/solutions/mechanical-laying.html#invention-history>>. Acesso em: 03 de novembro de 2018.

MICROZANJAS. **Nuestras máquinas zanjadoras**. Disponível em: < <https://microzanjas.com/zanjas-minizanjadas-microzanjas/maquinas-zanjadoras-disco/> >. Acesso em: 18 de agosto de 2018.

PETROBRÁS - COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA (CONTEC). **Norma Técnica Petrobrás N-1996**: Projeto e Infraestrutura de Redes Elétricas Subterrâneas. Rev. C. 19 p. Acesso em: 27 de setembro de 2018.

RAMOS, A.; GONDIM, C. E. **Os desafios do setor elétrico brasileiro & Avanços esperados frente à transformação global**. São Paulo.

SABESP. **Segurança em escavação de vala**. (s.d.) Disponível em: < [http://sabesp-info18.sabesp.com.br/licita/Publica.nsf/3.1.V/1CDBE9D51559760C832576080067919E/\\$File/Anexo%2009%20-%20Seguran%C3%A7a%20em%20escava%C3%A7%C3%A3o%20de%20vala.pdf](http://sabesp-info18.sabesp.com.br/licita/Publica.nsf/3.1.V/1CDBE9D51559760C832576080067919E/$File/Anexo%2009%20-%20Seguran%C3%A7a%20em%20escava%C3%A7%C3%A3o%20de%20vala.pdf) >. Acesso em: 5 de outubro de 2018.

SANZ, M. A. Compartivo de custos diretos entre perfuração direcional horizontal e abertura de Vala para Instalação de Dutos. **Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte**. 2017.

S. ENGENHARIA. **Construtora especializada em obras de energia**. Florianópolis. Entrevista concedida. 10 de agosto de 2018.

SOLATIO; ANJO AZUL. **Plano de Controle Ambiental da Usina Solar Pirapora**. Fev. 2016. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/48415295-Plano-de-controle-ambiental-pca-usina-solar-pirapora-1-2-3-4-5-6-7-8-9-e-10.html> >. Acesso em: 12 de junho de 2018.

TESMEC & MARAIS. **Cable Laying Solutions for Solar and Wind Farms**. Technical Description. 2018.