

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERMOELETRICA SUCROALCOOLEIRA: ESTUDO DE CASO

Gabriella Faina Garcia¹; Hugo Guerreiro Martins Gouveia²; Paulo Roberto Garcia³

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Universidade Federal do Triângulo Mineiro

³ Universidade Federal do Triângulo Mineiro

gabifgarcia@gmail.com e eng.prgarcia@gmail.com

Resumo

O presente trabalho visa a uma análise crítica da obra de terraplanagem executada em uma usina de açúcar e álcool para retificação do pátio de armazenamento do bagaço da cana, com objetivo de drenagem das águas pluviais e o chorume gerado em sua decomposição. Após sair das moendas, onde é triturada a cana, o bagaço é armazenado temporariamente para posterior queima nas caldeiras e geração de energia utilizada na usina e repassada à companhia elétrica. A pesquisa trata de um estudo de caso abordando as diferentes áreas do conhecimento envolvidas na execução da obra como topografia e aparelhos de medição, maquinário e produtividade, gestão de resíduos sólidos industriais e possíveis impactos ambientais. O objetivo é encontrar pontos de melhoria no projeto e execução da obra visando à otimização na drenagem e à redução nos custos operacionais e melhorias aos impactos ambientais.

Palavras-chave: Aterro. Terraplanagem. Produtividade. Topografia. Aparelhos de medição.

1 Introdução

A definição de terraplanagem, segundo Ricardo e Catalani (2007), é o conjunto de operações necessárias para se retirar terra de onde há excesso e do seu transporte para locais onde há falta de material visando à execução de um projeto. O presente trabalho trata sobre o tema: movimentação de terra e os setores que compõem um canteiro de obras nessa área. Estão envolvidas nesta pesquisa: questões ambientais, a logística no transporte de

materiais, o gerenciamento de equipes e o estudo dos solos e da topografia. A maioria das obras em engenharia civil tem como base física o solo, que deve ser trabalhado a fim de adquirir as especificações de projeto, garantindo a segurança do empreendimento, qualidade final do produto e economia de recursos. Portanto mostra-se necessário um estudo e um aprofundamento na grande área de terraplanagem. No surgimento das grandes civilizações, mais especificamente os egípcios e babilônios, esteve presente o uso da terraplanagem para construção de canais de irrigação às margens dos rios Nilo e Eufrates. A realização das grandes pirâmides do Egito, brilhantes obras de engenharia, também envolveu o transporte e a escavação de milhares de metros cúbicos de rochas. Estradas e aquedutos foram construídos pelos romanos realizando a movimentação de grandes volumes de terra, ajudados por animais de carga que rebocavam instrumentos de corte e de transporte de material (RICARDO e CATALANI, 2007). Atualmente, suas aplicações estão presentes nas mais variadas áreas como: fundações, barragens, infraestrutura de transportes (aeroportos, rodovias, ferrovias, etc.), fábricas, usinas hidrelétricas e armazenamento de suprimentos, como o objeto de estudo. Na década de 1940 as demandas por aeronaves que atendessem à indústria bélica, cada vez mais potentes e velozes, propulsionaram os avanços tecnológicos e exigiram um desenvolvimento da infraestrutura de terra (ALVES, 2014). Os estudos em terraplanagem estão intimamente ligados com a execução de aeródromos que

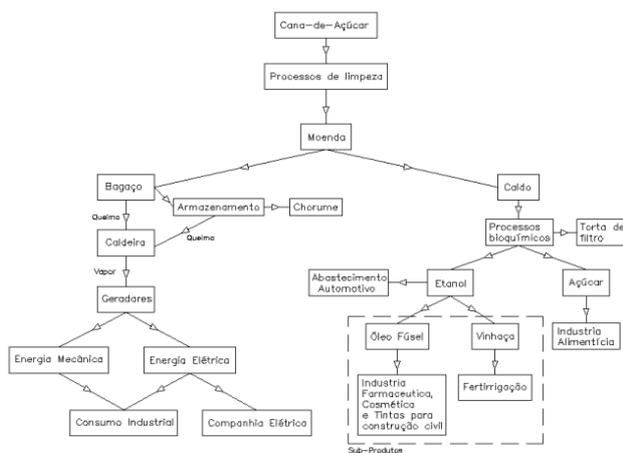
12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

atendam de forma eficiente o pouso das aeronaves. Para isso, é de extrema importância que o estado final da produção esteja em consonância com a geometria e as especificações do projeto, executando uma obra que atenda aos critérios de segurança e à funcionalidade. Devido ao envolvimento da terraplenagem nas mais diversas áreas, como citado acima, justifica-se a busca por métodos de otimizar a produção e de executá-la de forma sustentável.

2 Materiais e Métodos

Nesse trabalho, foi utilizado o Auto Cad Civil 3D (Versão educacional: 2016) para realizar uma análise crítica de uma obra de terraplenagem e a metodologia adotada remete a um estudo de caso feito em uma usina localizada no interior do estado de São Paulo em uma zona rural a 6 Km da cidade mais próxima. A usina foi fundada na década de 1980 e, em seus primeiros anos, produziu apenas álcool. Atualmente a safra anual produz aproximadamente 11 milhões de sacas (50Kg) de açúcar, 180 milhões de litros de álcool e 144 GWh de energia ‘congelada’ pela queima do bagaço da cana-de-açúcar. Além dos produtos principais, há também os subprodutos. Na Figura 1, é apresentado um fluxograma geral de sua produção:

Figura 1: Fluxograma da Usina



Fonte: Autor

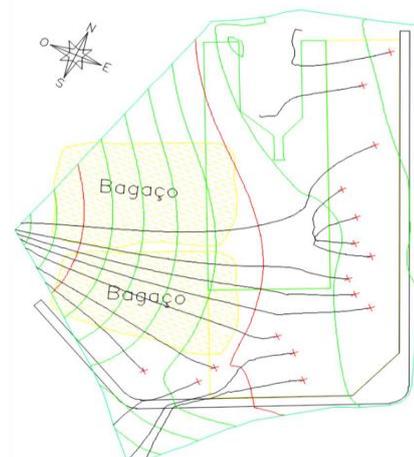
3 Resultados

3.1 Agrimensura

3.1.1 Análise anterior à execução da obra

Utilizando o recurso Gota de água obteve-se um mapa de drenagem (Figura 2). Nota-se o acúmulo de líquido no centro do pátio e na região próxima às esteiras. O fluxo está em direção ao monte de bagaço e consequente ocorre a retenção e por fim há o escoamento superficial em direção à área externa ao pátio.

Figura 2: Linhas de fluxo superficial sobre o terreno natural



Fonte: Autor

A imagem aérea (Figura 3) obtida por Drone mostra que o levantamento topográfico e a simulação de drenagem estão em concordância com a situação real do terreno original.

Figura 3: Imagem aérea do terreno natural



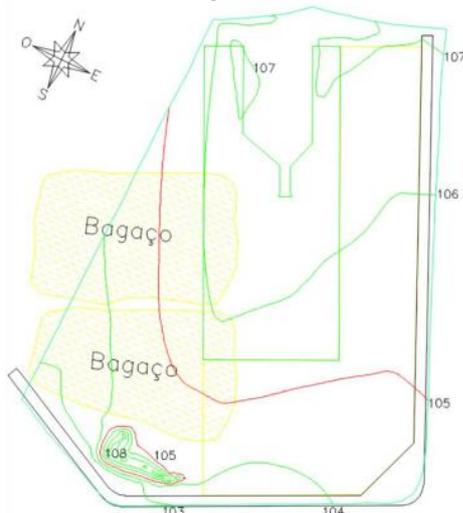
Fonte: Autor

12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

3.1.2 Análise posterior a execução da obra

A Figura 4 apresenta as curvas de nível suavizadas do terreno acabado. É interessante notar o acúmulo de material na região inferior próxima ao monte de bagaço, correspondente a uma parcela do material de bota-fora, sendo contabilizada posteriormente.

Figura 4: Curvas de nível do terreno após a execução da obra



Fonte: Autor

Na imagem aérea (Figura 5), nota-se o acúmulo de material de bota-fora próximo ao monte na região inferior, além disso observa-se o início do remanejamento de bagaço para região superior do pátio e o corte de terra no contorno para execução da canaleta de condução do chorume.

Figura 5: Imagem aérea pós obra



Fonte: Autor

3.2 Produção

Para o controle da produção, foram realizadas medidas de tempo de ciclo das escavocarregadoras por meio de um cronômetro. Foram efetuadas 3 medidas para cada equipamento e calculado o tempo de ciclo médio utilizado na estimativa da produtividade (Tabela 1).

Tabela 1: Tempo de ciclos das escavocarregadeiras

Equipamento	Tempo de ciclo (s)			
	t_1	t_2	t_3	$t_{médio}$
New Holland	16,1	14,1	14,0	14,7
Volvo	18,8	22,1	23,0	21,3
Case	47,5	44,9	48,9	47,1
XCMG	53,2	51,3	54,4	53,0

Fonte: Autor

A Tabela 2 apresenta o cálculo da produtividade das escavo-carregadoras. Foi adotada uma eficiência maior para as escavadeiras por serem tracionadas por esteira, consequentemente, tendo maior mobilidade no terreno úmido.

Tabela 2: Produtividade das escavocarregadeiras

Função	Máquina	Produtividade						
		V_{Eq} (m³)	E	fc	tc (s)	Q_c (m³/h)	Unidades	PC (m³/h.eq)
Escavadeira	New Holland	0,4	0,83	0,9	14,7	73,11	1	301,34
	Volvo	0,45	0,83	0,9	21,3	56,81	1	
	Case	1,72	0,75	0,9	47,1	88,75	1	
Carregadeira	XCMG	1,8	0,75	0,9	52,9	82,68	1	75,34
	Média							

Fonte: Autor

A equipe de corte se mostrou versátil em relação às escavo-carregadoras pois trabalhou com 2 unidades tracionadas por pneus e 2 unidades por esteiras, tornando possível o trabalho durante dias de baixa e alta pluviosidade.

3.2.1 Transporte

Para o cálculo do tempo de carregamento das unidades transportadoras, considerou-se a produtividade média das escavo-carregadoras. Os caminhões de capacidade menor (6 e 12

12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

m³) foram utilizados para transporte interno, sendo considerada a distância média de transporte 250 m. O bota-fora externo foi alocado a 25 km. A Tabela 3 apresenta o cálculo do tempo de ciclo para cada caminhão.

Tabela 3: Tempo de ciclo de transportadoras

Tempo de ciclo																
V_{Eq} (m ³)	t_{cg} (min)	DMT (Km)	V_m (Km/h) Cheio/vazio	t_v (min)	t_{md} (min)	t_c (min)										
6	4,8	0,25	15	1,6	1,5	7,9										
			25				12	9,6	0,25	20	1,35	2,5	13,4	25	25	19,9
12	9,6	0,25	20	1,35	2,5	13,4										
			25				25	19,9	25	50	55	3	77,9	60		
25	19,9	25	50	55	3	77,9										
			60													

Fonte: Autor

A Tabela 4 apresenta o cálculo da produtividade para as transportadoras.

Tabela 4: Produtividade das transportadoras

Produtividade								
Função	Máquina	V_{Eq} (m ³)	E	φ_1	t_c (min)	Q_T (m ³ /h)	Unidades	P_T (m ³ /h.eq)
Caminhão	Toco	6	0,69	0,85	7,9	26,80	2	211,08
	Caçamba	12	0,69	0,85	13,4	31,50	5	
	Caçamba grande	25	0,69	0,85	77,9	11,29	1	
						Σ	8	222,37
Apontador								222,37

Fonte: Autor

Comparando as Tabelas 3 e 4 nota-se que a produtividade da equipe de corte foi superior à da equipe transportadora tornando-a limitante da produção. Essa situação deve ser evitada. No entanto, esse fato não ficou evidente em campo, pois uma das escavadeiras prestou serviço a uma obra paralela ao pátio não contabilizada nos volumes de movimentação, sendo assim, a equipe de corte não se mostrou ociosa.

3.2.2 Compactação

A Tabela 5 apresenta o cálculo da largura útil dos equipamentos de compactação e acabamento.

Tabela 5: Largura útil das unidades de compactação e acabamento

Compactação				
Função	Máquina	Lt (m)	Sp (m)	Lu (m)
Motoniveladora	Komatsu	3,71	0,2	3,51
	Caterpillar	3,66	0,2	3,46
Homogeneização	Grade de disco	2,29	0,2	2,09
Compactação	Rolo pé de carneiro	2,15	0,2	1,95

Fonte: Autor

A Tabela 6 apresenta os valores de produtividade para essas unidades.

Tabela 6: Produtividade das unidades de compactação e acabamento

Compactação								
Função	Máquina	E	V_m (Km/h)	Et (m)	Np	Q_a (m ³ /h)	Unidades	P_a (m ³ /h.eq)
Motoniveladora	Komatsu	0,75	5	0,25	12	274,22	1	544,53
	Caterpillar	0,75	5	0,25	12	270,31	1	
Homogeneização	Grade de disco	0,75	4	0,25	2	783,75	1	783,75
Compactação	Rolo pé de carneiro	0,75	4	0,25	12	121,88	3	365,63

Fonte: Autor

Equiparando as Tabelas 4 e 6 percebe-se que a produtividade das unidades acabadoras foi superior à das transportadoras, fato que ficou evidente durante o acompanhamento da obra. Novamente, essa é uma situação que deve ser evitada, pois ocasiona ociosidade em equipamentos de alto custo operacional.

4 Discussão

Equiparando a bibliografia relacionada à agrimensura, conclui-se que a escolha do equipamento adequado está mais relacionada à disponibilidade de operadores e de capital para aquisição do que à qualidade dessas ferramentas, já que os sistemas apresentam precisão muito próxima. Ainda em relação a topografia, por meio do software, observou-se que a inclinação em alguns pontos foi inferior à mínima de 1% exigida pelas normas vigentes e adotada no projeto da usina. A explicação está na fonte de erros dos equipamentos de

12º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 16 de outubro a 29 de novembro de 2018

agrimensura, do maquinário e dos operadores. Esse fato acarreta em maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior infiltração de chorume no terreno. Uma maneira simples de evitar esse tipo de problema é adotar um coeficiente de segurança utilizando inclinações superiores às mínimas ao realizar projetos de drenagem. Estudando a produção do maquinário de terraplenagem, concluiu-se que a equipe utilizada foi mal dimensionada, resultando em equipamentos ociosos e, conseqüentemente, custos improdutos. A patrulha que mais se distanciou da ideal foi a de compactação e acabamento, fato que foi nítido no decorrer da obra já que os rolos compactadores permaneceram parados por longos períodos, além das motoniveladoras que ficaram inoperantes mais por falhas técnicas do que por falta de serviço. Uma forma de otimização seria a redução no número de motoniveladoras e compactadoras, aumento na quantidade de caminhões e/ou redução na distância de botafora. Além das medidas citadas, a contratação de um mecânico fixo na obra acarretaria em menor tempo inoperante para o maquinário que apresentou defeitos, como já mencionado. Em relação ao meio ambiente, nada se pôde concluir a respeito da contaminação devido à falta de instrumentos, como os poços de monitoramento das águas subterrâneas, e a falta de ensaios que caracterizassem os resíduos de bagaço e de chorume. A drenagem poderia ser aprimorada, utilizando geossintéticos, drenos subterrâneos, além de projetos elaborados, considerando as possíveis falhas de execução, adotando inclinações superiores às mínimas.

5 Conclusão

A partir da análise da agrimensura, produção, transporte, compactação e meio ambiente, foi possível realizar uma análise crítica de uma obra de terraplanagem,

incluindo uma análise econômica dos custos da obra.

Referências

ALVES, Cláudio J. P. **Módulo 1 - Transporte Aéreo e Aeroportos: Notas de Aula**. ITA, 2014.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Editora Tessitura, 2012.

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.

CAPUTO, Homero P. **Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos – Volume 1**. Editora LTC, Rio de Janeiro, 1988.

CASE. Catálogo técnico Pá-carregadeira W20E. Disponível em: http://www.batioli.com.br/ad/arquivo/catalogo/w20e-pa_carregadeira.pdf. Acesso em: 26/12/2017, 21:45h

EMBRAPA. Adubação - resíduos alternativos. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html. Acesso em: 27/12/2017, 00:50h.

FELIPE, Alexandre L. S. **Topografia convencional na aferição de área obtidas por georreferenciamento e google earth**. Dissertação UNESP, Botucatu-SP, 2015.

RICARDO, Hélio de Souza; CATALANI, Guilherme. **Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha**. São Paulo: Editora Pini. 2007.