

**FAMIG – FACULDADE MINAS GERAIS
RAPHAEL ADLER DA CONCEIÇÃO SOUZA**

**PROJETO DE TERRAPLENAGEM
PLANTA DE BENEFICIAMENTO PARA MINERAÇÃO**

**Belo Horizonte
2024**

RAPHAEL ADLER DA CONCEIÇÃO SOUZA

**PROJETO DE TERRAPLENAGEM
PLANTA DE BENEFICIAMENTO PARA MINERAÇÃO**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Prof.^o
Carlos Henrique Passos Mairink como requisito
parcial para aprovação na Disciplina TCC

Belo Horizonte

2024

**PROJETO DE TERRAPLENAGEM
PLANTA DE BENEFICIAMENTO PARA MINERAÇÃO**

Raphael Adler da Conceição Souza

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Carlos Henrique Passos Mairink - Professor - FAMIG

Diego de Jesus Queiroz Rosa (orientador) - FAMIG

CONCEITO FINAL: _____

Belo Horizonte

2024

Apesar de todos os obstáculos que são impostos diariamente, temos de ser persistentes e buscar sempre a evolução como pessoas e profissionais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de poder realizar essa nova obtenção de graduação.

Agradeço a minha família, principalmente ao meu filho que me dá forças diariamente e também é o meu maior presente e fonte de inspiração para não desistir dos meus objetivos e passar pelos obstáculos que nos são impostos diariamente, pois, fazem parte do nosso crescimento pessoal.

Agradeço ao professor Diego de Jesus Queiroz Rosa, que me orientou e auxiliou em todas as questões durante a elaboração deste estudo.

Por fim agradeço a FAMIG e a todos os colaboradores que me acompanharam durante toda a jornada para conclusão deste curso de engenharia.

RAPHAEL ADLER DA CONCEIÇÃO SOUZA

RESUMO

Este estudo aborda as metodologias de terraplenagem em projetos de mineração, com foco no balanço de massas e no projeto geométrico. O objetivo é apresentar as etapas para chegar ao projeto final, destacando a importância da otimização econômica e da segurança. A análise inclui a avaliação de arranjos mecânicos e a distribuição de volumes de corte e aterro para garantir um projeto eficiente.

Palavras-chave: Terraplenagem. Mineração. Balanço de massas. Projeto Geométrico.

ABSTRACT

This study addresses earthmoving methodologies in mining projects, focusing on mass balance and geometric design. The objective is to present the steps to reach the final project, highlighting the importance of economic optimization and safety. The analysis includes the evaluation of mechanical arrangements and the distribution of cut and fill volumes to ensure an efficient design.

Keywords: Earthmoving. Mining. Mass balance. Geometric Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Topografia	28
Figura 2 – Verificação da topografia e sistema de coordenadas	29
Figura 3 – Verificação da topografia, elevações das curvas de nível	30
Figura 4 – Poligonal de local de implantação	31
Figura 5 – Poligonal de implantação do empreendimento inserida na topografia	32
Figura 6 – Método de comparação de superfícies Dashboard	35
Figura 7 – Alternativa 1 – arranjo mecânico	37
Figura 8 – Alternativa 1 – estudo arranjo mecânico, elaboração geometria.....	38
Figura 9 – Alternativa 2 – avaliação de infraestrutura	40
Figura 10 – Alternativa 2 – avaliação de infraestrutura, observações	42
Figura 11 – Alternativa 2 – observações no arranjo mecânico.....	44
Figura 12 – Comparativo entre alternativas.....	46
Figura 13 – Volumes referentes as duas alternativas extraídos do software	47
Figura 14 – Sobreposição das alternativas.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Planejamento do projeto alvo da pesquisa	49
Tabela 2 – Cronograma do projeto de pesquisa	53

SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	TEMA / INTRODUÇÃO	11
2.0	JUSTIFICATIVA	13
3.0	PROBLEMA / SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROJETO	14
4.0	OBJETIVO	16
4.1	OBJETIVO GERAL	18
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5.0	ESCOPO DO PROJETO	19
6.0	ESTUDO DE CASO	20
7.0	METODOLOGIA	20
8.0	CONCLUSÃO	52
9.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
10.0	CRONOGRAMA	54
11.0	AUTORIZAÇÕES	55
12.0	REFERÊNCIAS	56

1.0 TEMA / INTRODUÇÃO

Inicialmente, serão apresentados os critérios adotados para o desenvolvimento de um projeto de terraplenagem na área de mineração, especificamente uma planta de beneficiamento de minério de ferro. O projeto de terraplenagem será iniciado a partir de um arranjo mecânico concebido de forma a atender uma necessidade primária solicitada pelo cliente premissado em um número de toneladas de beneficiamento de minério por ano, a partir desta informação é conceituado o arranjo mecânico e a partir desta informação é que o projeto de infraestrutura sendo uma das disciplinas necessárias para consolidação deste projeto, ira conceber toda a geometria idealizada e fornecer os quantitativos de movimentação corte e aterro que vão dar valor econômico para o projeto nos itens de terraplenagem e serão apresentados ao final em uma planilha de quantidades que é o documento inicial onde o cliente consegue mensurar valor para executar uma obra. Neste estudo, serão apresentados todos os conceitos e obstáculos a serem vencidos para realizar um projeto bem-sucedido.

O que será desenvolvido se baseia na aplicação dos conceitos de estudos de projeto geométrico avaliando o posicionamento de um arranjo mecânico contendo platôs destinados a implantação de prédios e estruturas mecânicas para processamento do minério, a infraestrutura entra de forma a avaliar o melhor encaixe deste arranjo no terreno e irá propor alterações necessárias para o melhor custo benefício no que diz respeito a melhor distribuição de volumes de corte e aterro, na tentativa de fazer um equilíbrio que tente descartar a busca de materiais em jazidas, para evitar custos e deixar o projeto mais econômico para sua implantação.

O transporte de materiais terraplenados é um item relevante nos custos de mineração a céu aberto, visto que as operações de carregamento representam aproximadamente 60% dos custos operacionais entre todos os processos relacionados (ALVARENGA, 1997).

O alvo principal no projeto de terraplenagem é o balanço de massas para movimentação de volumes de corte e aterro, no que diz respeito a disciplina de infraestrutura é a informação de maior relevância, conforme citado acima por

Alvarenga (1997) os custos das operações de carregamento tem uma grande representatividade.

Os estudos serão baseados em uma informação inicial no caso um arranjo mecânico e o levantamento topográfico da área de implantação disponibilizado pela mineradora e a infraestrutura que possui uma maior autonomia para avaliar este posicionamento é quem avaliará a condição inicial apresentada e poderá fazer mudanças que serão necessárias avaliações da disciplina mecânica para absorver estas mudanças caso necessárias.

Para Ricardo e Catalani (2007), as quatro operações básicas que podem ocorrer em sequência ou até simultaneamente: escavação, carga do material escavado, transporte e descarga e espalhamento. A distribuição homogênea dos volumes é importante visto que grandes movimentações de terra geram grandes custos visto transporte de materiais para ADMES (área de depósito de material excedente), sendo necessário prever mais áreas livres para depósito destes materiais ou até mesmo buscar materiais em jazidas no caso de não aproveitamento dos materiais escavados.

A terraplenagem mecanizada tem por característica a necessidade de grandes investimentos em equipamentos de alto custo e exigir trabalhos planejados e executados (RICARDO E CATALANI, 2007).

O que será destacado é a importância do projeto de terraplenagem na concepção de um projeto e a disciplina de infraestrutura não pode ser tratada como um serviço auxiliar que pode ser avaliado em um segundo momento e sim uma atividade essencial primária que visa a necessidade de envolver a disciplina de infraestrutura cada vez mais cedo na concepção de um projeto, pois quando o arranjo mecânico é liberado parte do prazo estimado para finalizar o projeto já se esgotou e o projeto de terraplenagem deverá seguir com um arranjo já apresentado ao cliente e caso seja necessário sofrer grandes mudanças talvez não tenhamos prazo nem cronograma acordado com o cliente para adequar o projeto, por isto a necessidade das disciplinas de Infraestrutura e Mecânica andarem juntas de forma que uma seja subsidio para a outra, para que os trabalhos sejam planejados de forma coerente como citado por (RICARDO E CATALANI, 2007).

2.0 JUSTIFICATIVA

O presente estudo justifica-se quanto a necessidade de intervenção através do estabelecimento de técnicas e procedimentos que garantam, tanto a nível de conceituação de projeto quanto nas diretrizes que seguirão para o projeto executivo, apresentar a importância do projeto de terraplenagem para consolidar informações que garantam um projeto exequível tecnicamente e economicamente, resumindo, não se pode validar um layout somente com base em um arranjo mecânico, deve ser avaliado em conjunto no que irei apresentar neste estudo, o projeto de terraplenagem analisando os critérios de elevações e desníveis premissados no arranjo mecânico e caso o projeto de infraestrutura apresente uma terraplenagem onerosa e exceda o tempo previsto para execução da obra que o cliente prevê para as próximas fases do projeto, o mesmo deve ser revisto e otimizado, neste momento é que a disciplina de infraestrutura deve ser consultada até mesmo na composição do arranjo mecânico, pois ela vai ser mais assertiva validando posicionamento e elevações dos platôs.

Partindo de uma definição citada por Nichols e David (2010), a terraplenagem ou movimentos de terra é o conjunto de operações necessárias para remover a terra dos locais em que se encontra em excesso ou seja os cortes para aqueles em que há falta os locais de aterros, de forma a visualizar o projeto a ser implantado.

Segundo Tamietti (2011), a análise dos fatores que afetam o estudo locacional devem ser levadas em consideração para concepção de um empreendimento, um projeto de terraplenagem deve prever um balanço de massas bem distribuído que tenha volumes equilibrados de corte/aterro, logo a locação do objeto estudo de alvo deve além de garantir o equilíbrio da terraplenagem permanecer no local de implantação definido devido as concepções definidas para o empreendimento.

Conforme citado por Lee (2013), não basta apenas calcular os volumes de terraplanagem, momentos e distâncias de transportes, é necessário estimar a quantidade exata dos volumes de corte e aterro.

Uma questão a se apresentar é como o tempo para projeto é cada vez mais reduzido e retrabalhos devem ser evitados, erros podem ser minimizados adotando uma prática simples na execução de trabalhos em paralelo entre diferentes

disciplinas que precisam de seus projetos alinhados, nunca partir de um conceito inicial e apresentar ao cliente como sendo a melhor opção sem ter avaliado o projeto de terraplenagem ou até mesmo feito um estudo preliminar mesmo que necessite de mais horas, pois, isto pode ser um fator para evitar retrabalhos de maior grandeza, pois, ganha tempo e evita desgaste com a equipe de engenharia do cliente.

As vantagens dessa interface entre os projetos: mecânico / infraestrutura é a otimização de tempo com estudos, evitar erros primários e principalmente ganhar a confiança do cliente no projeto que está sendo apresentado, isso pode proporcionar novos trabalhos, não é garantia de novas demandas de projeto junto ao contratante, mas mostrar a convicção e certeza do que está sendo entregue, em tempos de grande concorrência é um fator a ser considerado.

3.0 PROBLEMA / SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROJETO

O problema abordado é a importância do projeto de terraplenagem que servirá de subsídio para validação de uma planta de beneficiamento de minério, visto que o tempo para elaboração dos projetos é cada vez mais acelerado, grandes exigências do cliente e a necessidade de interface entre as disciplinas envolvidas na elaboração e viabilização de um projeto, sejam capazes de torná-lo executável, atrativo em termos financeiros e que atinjam os prazos determinados. A grande questão é “uma disciplina não pode sobrepor a outra”, ambas tem que andar em conjunto, para otimizar tempo e evitar grandes retrabalhos.

Segundo Tamietti (2011), os estudos requerem o alinhamento entre profissionais, o que será demonstrado neste estudo é a necessidade primordial de disciplinas diferentes com objetivos específicos respeitarem as necessidades de cada uma, pois, ambas devem seguir em conjunto para a evolução do projeto, otimizando tempo de cronograma e o principal evitando retrabalhos e perda de prazo para as entregas, pois um projeto para ser executado neste caso específico apresentado neste projeto foi determinado o prazo de entrega em 6 meses, não se pode perder as linhas de entregas, existem outras disciplinas que dependem da liberação do projeto inicial acontecer positivamente para elas não iniciarem as suas atividades

tendo de prever retrabalho, o que pode ser extremamente prejudicial para cumprir o cronograma apresentado ao cliente.

Conforme descreve Tamietti (2011) o projeto conceitual é formulado paralelamente a outros estudos, tais como estudos de mercado, estudos de tamanho, estudos locacionais, estudos os quais se relacionam de forma ativa para definir a concepção do empreendimento, incluindo as seguintes informações:

- premissas básicas e características gerais do empreendimento;
- mix de produtos no estudo de mercado;
- capacidade de produção no estudo do tamanho do empreendimento;
- análise dos fatores que afetam o estudo locacional do empreendimento;
- dimensionamentos básicos iniciais;
- balanços de massa e entálpicos da unidade industrial.

O projeto conceitual exemplificado neste estudo propõe ser realizado com bom custo econômico para o cliente, que não fuja dos prazos acordados na proposta e não seja transmitido para o cliente um descompasso da empresa projetista por falta de alinhamento de seus profissionais, tudo deve ser tratado internamente avaliado e reestudado sempre que necessário, obedecendo aos prazos acordados de forma a garantir a confiança do cliente em busca de novos trabalhos, como citado por Tamietti (2011), o projeto conceitual é formulado paralelamente a outros estudos e requer cada vez mais o alinhamento entre os profissionais.

A proposta inicial será apresentada em uma primeira etapa através do estudo de projeto conforme o arranjo mecânico fornecido, sendo avaliado e servindo de base para as melhorias necessárias e numa segunda etapa será apresentada uma adequação do projeto de terraplenagem sugerindo mudanças no arranjo mecânico, apontado sob o ponto de vista da disciplina de infraestrutura a qual terá a função de equilibrar a movimentação de terraplenagem que em um primeiro momento foi totalmente desconsiderada, devido a falta de interação entre as disciplinas de infraestrutura e mecânica.

4.0 OBJETIVO

O princípio básico a ser apresentado é destacar que uma disciplina não pode suprimir a outra ou seja devem trabalhar alinhadamente como citado por Tamietti (2011), sempre deve ser levado em consideração a importância de cada parte do projeto, pensando na otimização do tempo de entrega dos trabalhos de forma a minimizar os possíveis retrabalhos, em uma empresa de consultoria no ramo de engenharia que realiza a entrega de trabalhos para mineração em busca de sempre atender o cliente nos prazos acordados almejando sempre a qualidade nas entregas previstas em propostas, não pode se descuidar destes princípios básicos.

Segundo Melhado (2005), deve ser dado um papel relevante à coordenação de projetos no empreendimento, devido ao seu potencial para fornecer subsídios que eliminam incertezas na execução da obra, possibilitando uma execução mais racionalizada e eficiente, reduzindo custos e aumentando a competitividade dos empreendimentos.

A coordenação de projeto deve sempre estar atenta no envolvimento das disciplinas iniciais, pois, elas devem estar sempre se comunicando continuamente de modo a evitar duas situações, retrabalho devido a falta de comunicação isso é considerado um ingereciamento e o pior cenário perda de prazo devido a estes retrabalhos que podem causar aumento do custo no projeto, pois horas para estudos preliminares são orçadas para o desenvolvimento do projeto, mas os retrabalhos podem causar prejuízos por não terem sido estimados e isto acarretaria prejuízo para a empresa, pois o prazo acordado não pode ser comprometido e os retrabalhos acabam por serem absorvidos nos contratos reduzindo parte da margem de lucro, como citado por Melhado (2005), a coordenação deve ter papel relevante nos projetos, pois ela pode servir como ferramenta para fornecer subsídios e sanar incertezas.

A gestão eficaz dos projetos dependem em grande parte da implementação da coordenação técnica, sendo, importante a sua caracterização de modo que possibilite a sua aplicação prática (RODRIGUEZ, 2005).

A grande oportunidade para o projeto ser bem sucedido é uma interface atenta entre coordenação e corpo de engenharia, buscar o envolvimento dos profissionais necessários nesta primeira etapa do projeto e ficar atento aos resultados levantados

por elas, pois isto é o que vai direcionar o projeto, a interface entre as disciplinas tem de ser bem planejada e acompanhada, as disciplinas envolvidas não podem atuar separadamente, a todo momento a coordenação deve estar buscando retorno das disciplinas e não somente verificar se o cronograma dos entregáveis estão sendo realizados para atender o planejamento do projeto, mas buscar verificar através de um olhar crítico se o que realmente o cliente espera vai ser atendido, a entrega de uma disciplina mestra como a mecânica não pode deixar de lado todo o conjunto que compõe uma planta de mineração, neste estudo está sendo apontado somente duas disciplinas, mas existe toda uma entrega de engenharia para compor um plano diretor preliminar, para esta etapa inicial conforme citado por (TAMIETTI, 2011).

A norma ABNT (NBR 16636-1: 2017) cita coordenação de projetos como: “atividade técnica, realizada por profissional habilitado, voltada a coordenar e efetuar análise crítica das interfaces dos projetos das diversas especialidades voltadas a uma construção e assessorar a gestão do empreendedor e as demandas dos profissionais envolvidos na realização da obra, de modo a alcançar a eficácia e à melhoria da eficiência nesses processos e projetos, gerenciando as áreas de conhecimento, escopo, custo, qualidade, aquisições, recursos humanos, comunicações, riscos, tempo e partes interessadas em sua total compatibilização.”

O que será salientado é sobre o envolvimento de disciplinas de acordo com Tamietti(2011), apesar de não terem perdido o prazo do projeto, partiram de um arranjo inicial e o mesmo teve de ser reavaliado no estudo de uma segunda alternativa, o que deve ser garantido é o prazo para estas intervenções multidisciplinares, ou seja a disciplina mecânica deve ter um tempo limitado para o estudo do arranjo preliminar e se possível alinhar com a disciplina de infraestrutura as necessidades de elevação para implantação do projeto e com o avanço do arranjo mecânico, definir a posição e geometria ideal para concepção do projeto de terraplenagem.

A grande necessidade de visualizar a importância da comunicação interdisciplinar em conjunto com coordenação de acordo com a norma ABNT (NBR 16636-1: 2017) voltada a coordenar e efetuar análise crítica das interfaces dos projetos das diversas especialidades, desta forma a busca pelos resultados de um trabalho bem sucedido baseando no diálogo e questionamento dos profissionais envolvidos devem ser

sempre levadas em consideração, pois, os projetos apesar de terem muitas vezes as mesmas características de outros projetos elaborados, devem sempre ser concebidos com muito critério, pois cada local apresenta suas características distintas e adaptações são sempre necessárias.

O que se busca demonstrar apesar de parecer até óbvio, a necessidade de integração entre as disciplinas para elaborarem um projeto bem sucedido, pois, falhas acontecem e algumas vezes comprometem o cronograma, o objetivo primordial é através de reuniões os profissionais estejam sempre atentos e não deixem uma disciplina avançar muito sem que a outra avalie as suas necessidades, pois, muitas vezes profissionais são alocados em diversos projetos ao mesmo tempo e podem não estar totalmente comprometidos, daí os demais envolvidos como coordenadores e engenheiros devem estar atentos para não perderem o foco e objetivo do projeto não deixando a equipe se dispersar, a gestão de um projeto depende da coordenação técnica como citado por (RODRIGUEZ, 2005).

4.1 Objetivo Geral

A necessidade de interface entre as disciplinas envolvidas no projeto cada vez mais cedo sendo primordial, pois, apesar de uma disciplina ter a missão de apresentar o projeto para o cliente que atenda suas expectativas, ela não pode sobrepor a outra, resumindo “Um arranjo mecânico bem sucedido, mas implantado em uma posição desfavorável e com elevações também desfavoráveis, pode deixar o projeto inexecutável em termos de terraplenagem”, o cliente final sempre busca melhor vantagem econômica e otimização de projeto, pois, os empreendimentos sempre tem um tempo limite para operarem de acordo com o período de lavra, o projeto deve ser pensado respeitando este tempo limite e também prever a necessidade de expansão em novas fases, é um conjunto de informações complexas que devem ser avaliadas com a necessidade de todos trabalharem paralelamente segundo (TAMIETTI, 2011).

4.2 Objetivos específicos

O objetivo específico é indicar os resultados obtidos após a avaliação do projeto concebido pela disciplina mecânica e pontuar através da análise de infraestrutura que o projeto pode ter uma melhor avaliação do ponto de vista de terraplenagem e

demonstrar que não se pode trabalhar separadamente, atualmente com a variedade de softwares para conceber projetos da uma grande liberdade para os profissionais trabalharem e alcançarem seus objetivos de forma mais rápida, é essa otimização que um projeto deve buscar na integração não só entre os profissionais, mas entre as disciplinas, é obrigação dos profissionais agir na mudança de cultura que uma disciplina apesar de ter a informação principal que o cliente busca é a necessária mas não a principal.

O desvio inicial aconteceu pela falta de comunicação e pelo avanço da disciplina de mecânica na elaboração dos arranjos, não comprometeu o prazo de entrega, mas poderia ter sido otimizado dando mais tempo para o amadurecimento do projeto e até o fechamento do projeto antes do previsto, conforme citado por Rodriguez (2005), a coordenação técnica é responsável pela gestão eficaz e os projetos devem ser trabalhados paralelamente conforme (TAMIETTI, 2011).

5.0 ESCOPO DO PROJETO

Inicialmente será apresentada a validação das informações recebidas do cliente, no caso de infraestrutura o levantamento topográfico da área de implantação disponibilizado pela mineradora, para elaborar a base do projeto e os parâmetros para se iniciar um projeto de terraplenagem, na sequência serão desenvolvidas as etapas para conceber o projeto de terraplenagem e intervenções necessárias para dar seqüenciamento no projeto.

A expectativa do cliente é receber o projeto no prazo de seis meses, nos primeiros estudos será avaliada a necessidade de verificação interdisciplinar respeitando as datas e prazos para a entrega de informações a serem dadas as demais disciplinas para iniciarem as suas atividades.

O sequenciamento será realizado através das seguintes etapas descritas abaixo, a partir delas é que será permitido avaliar os estudos iniciais e entrar na etapa da evolução do projeto para ter uma informação mais assertiva para se apresentar ao cliente em um último momento depois de termos todas as confrontações

interdisciplinares para ser submetido à validação pelo contratante segundo (MELHADO, 2005).

Abaixo o sequenciamento do projeto pelo foco da disciplina de infraestrutura:

- Montagem da Base Topográfica;
- Elaboração da geometria e volumes;
- Estudo 1 – Projeto inicial;
- Estudo 2 – Projeto modificado;
- Validação interna entre as disciplinas;
- Apresentação ao cliente;
- Planejamento do projeto alvo da pesquisa ;
- Elaboração dos demais projetos de infraestrutura.

O que será evidenciado através do sequência de atividades é a necessidade cada vez mais primordial da interface entre as disciplinas e demonstrar que todas tem a sua importância na construção de um empreendimento e na primeira etapa do projeto que é a formação do conceito inicial não perderem o foco de seu trabalho e como boa prática inserirem no seu cotidiano de rotinas de trabalho a interface cada vez mais cedo nas intervenções interdisciplinares, conforme norma ABNT (NBR 16636-1: 2017).

6.0 ESTUDO DE CASO

O Projeto conceitual utilizado como exemplo se trata de uma planta de mineração, este estudo irá apresentar as necessidades de adequação do projeto de terraplenagem para otimização de custos e viabilidade de execução de acordo com as necessidades premissadas no projeto, no decorrer deste estudo serão apresentadas imagens que representam a evolução do projeto para tomada de decisões e extração de informações, estas figuras foram adaptadas pelo autor se restringindo apenas ao escopo do projeto.

Segundo (TAMIETTI, 2011), etapa de projeto conceitual compreende, em geral, as seguintes atividades:

- análise das alternativas de processos de produção e seleção das melhores abordagens de projeto identificadas;
- elaboração dos fluxogramas de processo;
- elaboração do plano diretor preliminar;
- elaboração do arranjo preliminar das unidades industriais;
- especificações sumárias dos equipamentos;
- elaboração do cronograma preliminar de implantação, através de um plano inicial de execução;
- estimativas de custo para confirmar a viabilidade do projeto.

A estimativa de custos para confirmar a viabilidade do projeto citada por Tamietti (2011), é um item de grande relevância entre os citados acima, pois, mesmo que se cumpram todas as etapas do projeto o custo final é um fator de risco para sequência ou não das próximas fases do projeto ou até mesmo fazer o projeto voltar a estaca inicial, é o que será abordado neste trabalho de conclusão de curso.

7.0 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste estudo irá tratar as condições mínimas para que seja realizada a validação de um empreendimento, não abrangendo a execução e os métodos construtivos, com uma abordagem mais simples no que diz respeito a conceitos iniciais e a metodologia a ser desenvolvida. O objetivo é viabilizar um empreendimento em um local fornecido que seja de execução favorável e que atenda as premissas solicitadas pelo cliente.

A terraplenagem consiste em atividades que modificam a configuração do terreno, que apresenta uma certa resistência para ser removido, de acordo com as especificações do material (Abram e Rocha, 2000).

A viabilidade para implantação das obras de terraplenagem serão avaliadas de acordo com o local de implantação para elaboração do plano diretor preliminar

conforme citado por Tamietti (2011), o local pode ser visto na figura 4 o polígono limite, informado pelo cliente para implantação do projeto, a partir dessa premissa serão desenvolvidas as primeiras tratativas para validação da proposta inicial do projeto elaborando a geometria dos platôs para gerarem os taludes de corte e aterro que irão criar um geometria completa e a partir dela serão levantados os quantitativos de terraplenagem calculados através da comparação da geometria final de projeto e o terreno primitivo, após os resultados será indicada a movimentação de terraplenagem e esta é que norteará a sequência ou não do projeto.

As obras de Engenharia Civil em seu planejamento e execução requerem trabalhos terraplanagem, logo os trabalhos de movimentação de terras tem grande relevância no desenvolvimento do século XX, (RICARDO E CATALANI, 2007).

O projeto de terraplenagem é destinado a conformar o terreno existente aos gabaritos definidos em projeto, de maneira geral ele engloba de acordo com (DNIT, 2008) os serviços preliminares, cortes, empréstimos, aterros e demais serviços que tem por finalidade proporcionar condições geométricas compatíveis para execução de um projeto.

De acordo com o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2008), a sistemática utilizada pelo DNIT para a quantificação dos serviços de terraplenagem engloba os seguintes:

a) Serviços preliminares

- desmatamento, destocamento de árvores, quantificação faz-se em m²;
- remoção de estruturas, a medição é efetuada conforme a sua natureza, em m²;
- remoção ou remanejamento de cercas delimitadoras, quantificação feita em metro (m);
- remanejamento de postes ou torres, serviço medido em unidades;
- outros serviços.

b) Caminhos de serviço

Por se tratar de um item de difícil quantificação, devido ao fato de ser um serviço muito específico e variável de acordo com as condições locais de acesso à obra, o

DNIT adotou um valor percentual (que gira em torno de 5%) do valor total de escavações e aterros.

c) Cortes e empréstimos

No que se refere ao item de cortes e empréstimos de material, a quantificação se baseia na dificuldade extrativa do material a ser escavado e na distância de transporte deste material do ponto em que foi escavado até o ponto de destino final. A quantificação do serviço é realizada em unidades de volume (m^3).

d) Aterros

A quantificação é efetuada em unidades de volume (m^3) de material já compactado em aterro.

No desenvolvimento deste projeto foram premissados os parâmetros de terraplenagem indicados através dos "Dados Básicos e Critérios de Projeto", neste documento elaborado pela empresa projetista são realizados todos os apontamentos e premissas ora informados pelo cliente e também através de informações recebidas e interpretadas pela empresa contratada e no caso do projeto exemplificado foram fornecidas algumas sondagens que permitiram definir a geometria dos taludes, classificação dos materiais, logo é indicado neste documento todas as diretrizes para conceber o projeto, a seguir os parâmetros adotados.

- Geometria dos taludes:
 - Talude de corte H=1,0: V=1,0
 - Talude de aterro H=1,5: V=1,0
- Largura de bermas 4,00 m
- Inclinação das bermas 5% contra o talude
- Altura entre bermas 10,00 m

O projeto de terraplenagem será elaborado abrangendo os seguintes itens:

- Após o cálculo dos volumes dos cortes, aterros, rebaixo nos cortes para acabamento de terraplenagem, será feita a distribuição de massas, observando-se sempre o projeto geométrico, de onde será calculada a distância média de transporte;
- Será utilizada a Distância Média de Transporte - DMT, na compensação entre corte e aterro ao longo dos acessos ou das plataformas. O DMT para transporte do material oriundo de jazidas e/ou área de empréstimo, será dentro da faixa de 1,0km.
- Serão estabelecidas medidas de prevenção contra erosão, assoreamento e proteção da flora local, relativas à implantação das plataformas e dos acessos do projeto, obedecendo a legislação vigente;
- As plataformas terão declividade mínima de 0,5% de abaulamento para drenagem e 3% de abaulamento para os acessos;
- Na terraplenagem das plataformas e acessos serão adotados eixos estaqueados a cada 20,0 m;
- A estabilidade dos taludes de corte e aterro será assegurada através de seleção criteriosa da sua inclinação, dimensionamento e espaçamento das plataformas de equilíbrio e dos dispositivos usuais de drenagem. Em terrenos com boa capacidade de suporte serão adotados taludes com a inclinação de 1,0 H: 1,0 V nos cortes, 1,5 H: 1,0 V nos aterros e no caso de material rochoso o talude terá inclinação de 90° em relação a horizontal. As bermas de equilíbrio terão altura máxima de 8,0 m, largura de 4,0 m e inclinação transversal de 5% na direção do pé de talude, onde será posicionada a canaleta de drenagem. Como se trata de um estudo de viabilidade o cliente permitiu adotar o parâmetros citados pois a estabilidade dos taludes serão avaliadas após o recebimento de

sondagens e ensaios geotécnicos que acontecerão em uma próxima fase do projeto;

- A rampa máxima dos acessos internos e externos será de 8% e em casos especiais 12%, a rampa mínima será de 0,5%. O raio mínimo de curvatura dos acessos é de 50,0 metros para os acessos principais e 15,0 metros para acessos internos.
- A seção tipo de terraplenagem das plataformas dos acessos internos e externos à área da planta terá largura conforme necessidade técnica específica de cada acesso;
- O projeto de terraplenagem utilizará o software para modelagem digital do terreno, o cálculo de volumes será realizado através da comparação de superfícies, de modo que se irá comparar a a topografia primitiva com a superfície de projeto gerada após a criação dos platôs, fornecendo um volume geométrico que deverá ser tratado e verificado de acordo com a classificação dos materiais.

Os materiais de terraplenagem serão classificados e distribuídos da seguinte forma e de acordo com os relatórios de sondagens disponibilizados pelo cliente.

Inicialmente será adotado o seguinte Split de terraplenagem para a fase conceitual do projeto, no qual deverá ser confirmado após sondagens e ensaios geotécnicos em uma nova fase do projeto, seguindo orientações nos "Dados Básicos e Critérios de Projeto", avaliado em conjunto com o cliente e a engenharia contratada.

Os "Dados Básicos e Critérios de Projeto" também premissa as informações para as escavações que se compreendem em:

- Materiais de 1ª categoria, compreendendo solos em geral, foi considerado 70% de todo o material escavado.
- Materiais de 2ª categoria, compreendendo solos com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, foi considerado 20% de todo o material escavado.

- Materiais de 3ª categoria, compreendendo solos com resistência ao desmonte mecânico equivalente ao da rocha não alterada, foi considerado 10% de todo o material escavado.
- Os materiais de 1ª e 2ª categorias deverão ser utilizados para a execução dos aterros em áreas de menor comprometimento estrutural, tais como acessos, e os materiais de 3ª categoria impróprio para uso em aterro serão descartados para bota foras.

Os critérios adotados para as áreas de aterro compreenderão a implantação do depósito de materiais provenientes de cortes e ou de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto ("off-set") das áreas de influência das instalações do empreendimento.

As camadas de aterro serão compactadas com energia igual:

- 100% PI (Camadas finais 0,60 m);
- 100% PN (Camadas iniciais).

Para a classificação, distribuição e geometria para as rampas de aterro, serão adotados os seguintes critérios: 80% do volume total compactado a 100% do proctor normal e 20% do volume total, referente a camada final, será compactada a 100% do proctor intermediário.

Todas as informações citadas acima foram conduzidas pelo cliente de forma preliminar para conceituação do projeto de modo que se tenha somente uma informação mais macro para avaliar a implantação do projeto, a orientação técnica foi balizada em sondagens fornecidas e orientação da geotecnia do contratante.

Segundo Schara (2014), a organização dos trabalhos de terraplenagem possui cinco processos fundamentais, a execução da escavação e carregamento do material escavado; o transporte do material; o descarregamento e espalhamento, tratamento do material e finalizando com a compactação.

A seguir as etapas iniciais a serem seguidas para elaboração do projeto:

Montagem da Base Topográfica

Para a realização deste estudo, foi utilizado o levantamento topográfico da área de implantação disponibilizado pela mineradora, esta base topográfica consiste no caminhamento das curvas de nível cada uma em uma elevação que geram um modelo digital do terreno, o que será verificado nesta etapa é se este levantamento possui erros tanto em coordenadas quanto em altimetria e se esta no sistema de coordenadas informado pelo cliente no ato do recebimento das informações. Feito isto por um profissional habilitado conforme (ZIMMERMAN, 2020).

A altimetria, representada graficamente através de curvas de nível, proporciona uma visão panorâmica do relevo contido no interior da área, o que permite ao usuário uma visão geral da sinuosidade do terreno. Qualquer profissional habilitado ao observar uma planta com curvas de nível, deve ser capaz de visualizar talvegues, pé e crista de taludes, vales, grotas, espigões, divisores de água pluviais, terrenos com maior ou menor declividade, terrenos mais ondulados (acidentados), elevações, etc. Esta visualização é importantíssima para que o projetista possa imaginar projetos conscientes e adaptados ao terreno em que os mesmos serão implantados (ZIMMERMAN, 2020).

Normalmente o próprio cliente é o responsável por fornecer e enviar e tratar as informações de levantamento topográfico, pois o custo para realizar isto pela empresa projetista seria oneroso para o contrato e teria uma série de necessidades, logo empresas locais que já realizam estas atividades de levantamentos topográficos, já possuem treinamentos e trabalham sob a conduta exigida pelo cliente e até mesmo já se encontram na própria localidade.

Para verificação são indicada as seguintes etapas, conforme indicado nas figuras a seguir, é uma recomendação de boa prática, pois, os pequenos detalhes sempre fazem a diferença, uma não verificação de um item pode implicar em erros.

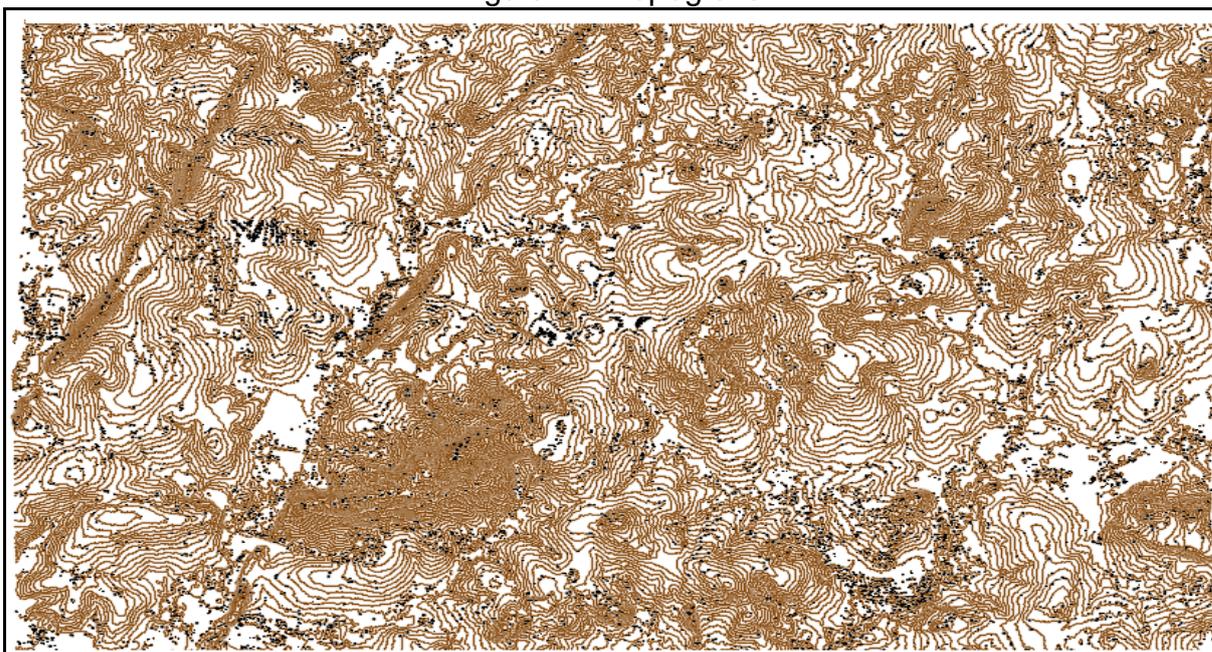
- Figura 1 – Topografia
- Figura 2 – Verificação da topografia sobreposta com imagem google earth

- Figura 3 – Verificação das curvas e textos de elevações
- Figura 4 – Poligonal do local de implantação com imagem google earth
- Figura 5 – Poligonal definida inserida na topografia

As etapas indicadas acima são uma recomendação para evitar falhas antes de se iniciar qualquer atividade, pois a informação recebida pode conter erros que devem ser analisados e quando necessário solicitar novamente uma verificação do que foi fornecido inicialmente.

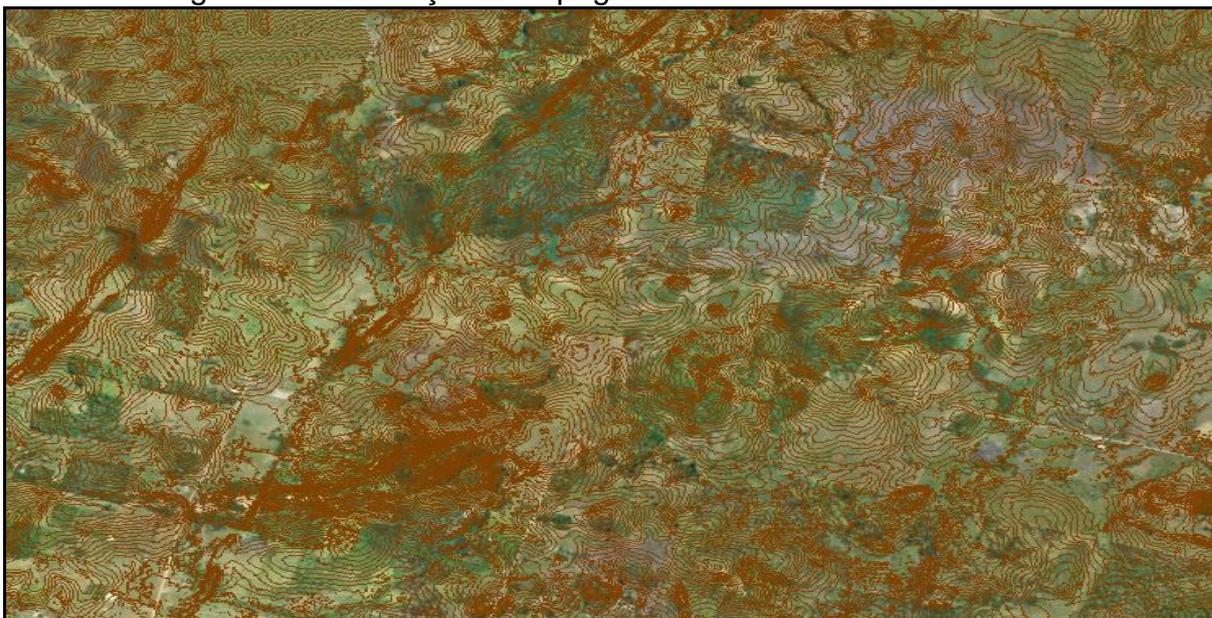
Seguindo a norma ABNT(NBR-13133:1994) a topografia foi recebida com as curvas de nível já elaboradas com curvas mestras e intermediárias de metro em metro, esta entrega evita erros da empresa projetista quando faz tentativas de triangular e interpolar as curvas, pois somente quem elaborou o levantamento topográfico conseguiu identificar erros mais grosseiros, a empresa contratada no ato da proposta técnica, solicita que seja fornecido as curvas de nível e malha triangular, para somente o projetista carregar no software e gerar uma base semelhante a enviada afim de poder iniciar os trabalhos de terraplenagem e geometria, neste caso o projetista iria interpolar as curvas de nível e fazer uma sobreposição com as curvas de nível fornecidas desta forma seria verificada através de sobreposição se a informação gerada se iguala a informação recebida.

Figura 1 – Topografia



A figura 2 apresenta as informações básicas quando se verifica um arquivo fornecido com as curvas de nível referentes ao levantamento topográfico, no caso foi indicado pelo cliente o sistema que deveria ser adotado para elaboração do projeto, sendo assim foi utilizado o sistema de coordenadas UTM - SAD69 – FUSO 22S, esta informação é obrigatória para evitar erros de deslocamento de coordenadas e altimetria de sistemas adotados, também após sobrepor as curvas com a imagem georreferenciada também neste sistema é possível verificar as informações cadastradas em coerência com a imagem de fundo, buscando assimilações como contorno de rios, acessos e estradas existentes e edificações em locais terraplenados, são visualizações prévias para ver a compatibilidade do levantamento topográfico com o local de implantação do projeto, pois, neste caso não foi fornecido um levantamento cadastral de interferências, edificações existentes e demais elementos, o que é possível nestes casos é fazer uma sobreposição com uma imagem do google earth do local do empreendimento e buscar assimilações do contorno das curvas como por exemplo um contorno da margem de um rio, o caminhamento de uma estrada existente, o contorno de uma lagoa, estes tipos de assimilações quando sobrepostos em uma topografia com uma imagem de satélite dão uma visão mais realista do que as curvas de nível representam dentro da área do empreendimento.

Figura 2 – Verificação da topografia e sistema de coordenadas

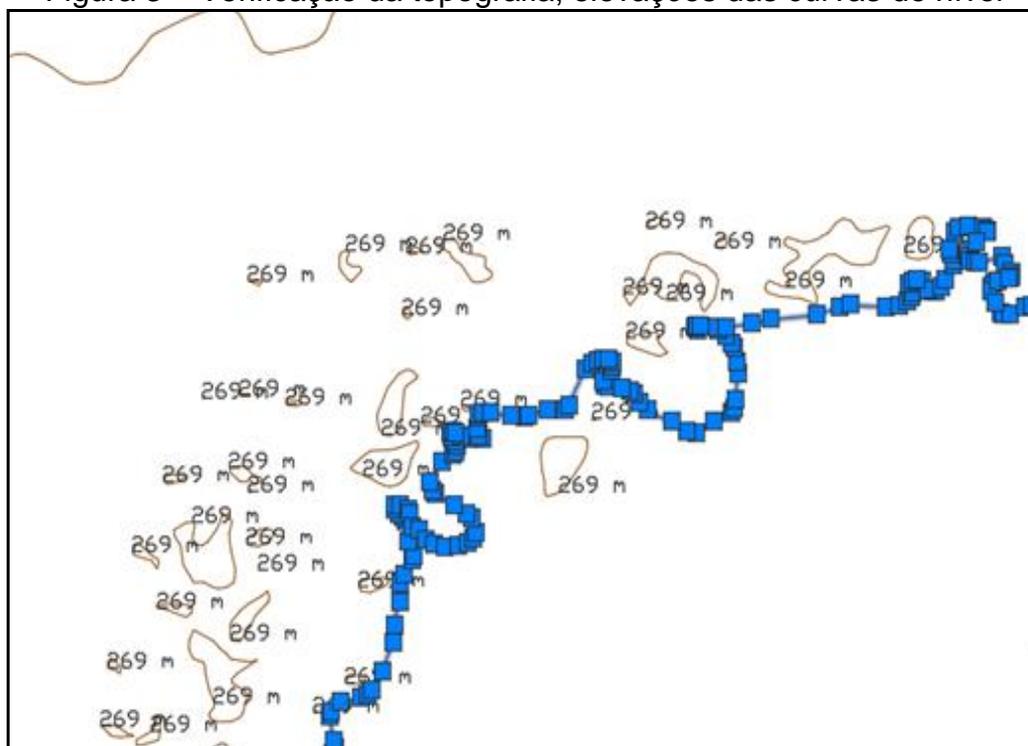


Fonte: Adaptado pelo autor, curvas de nível sobrepostas com Google Earth, 2024

A figura 3 apresenta as informações das elevações das curvas de nível que podem ser visualizadas através dos atributos quando listados através de software para tratar essa informação.

As curvas de nível devem ser traçadas a partir dos pontos notáveis definidores do relevo, passando pelas interpolações controladas nas altitudes ou cotas entre pontos de detalhe. As curvas mestras, espaçadas de cinco em cinco curvas, devem ser reforçadas e cotadas. No caso de haver poucas curvas mestras, as intermediárias também devem ser cotadas norma ABNT(NBR-13133:1994).

Figura 3 – Verificação da topografia, elevações das curvas de nível



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

De acordo com (SILVA E SEGANTINE, 2015), para que um projeto de engenharia possa ser desenvolvido ou implantado é necessário em muitos casos, conhecer o relevo do terreno. Somente pode ser desenvolvido pelo projetista, além da localização geográfica dos elementos, se tiver também uma representação do relevo indicando as elevações e depressões do mesmo. Existem várias formas de representação do relevo, entre elas, as que se destacam mais são:

- Representação por pontos cotados;
- Representação por curvas de nível;
- Representação por perfil de terreno;
- Representação por modelo digital de elevação.

Nesta etapa não pode deixar de ser verificada se as curvas de nível fornecidas juntamente com os textos das elevações, quando verificadas as suas propriedades dentro de um software, deve ser analisado se estão na mesma elevação indicada nos textos conforme indicado na figura 3, pois no momento em que o cliente envia ou salva o arquivo para enviar a empresa projetista, pode ocorrer acidentalmente um deslocamento da malha triangular ou até mesmo das curvas e o projeto ser elaborado em uma base deslocada quanto a sua real posição o que pode gerar a perda de todo o trabalho desenvolvido, é de suma importância a disciplina de infraestrutura verificar estes itens e se for o caso questionar o cliente para uma validação desta topografia, conforme Silva e Segantine (2015) citam as diversas formas de representar o relevo uma delas é o modelo digital de elevação, no caso deste projeto as curvas de nível com os textos cotados referentes as curvas de nível.

Figura 4 – Poligonal do local de implantação com imagem google earth



Fonte: Adaptado pelo autor de Google Earth ,2024

Figura 5 – Poligonal de implantação do empreendimento inserida na topografia



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

Como boa prática além dos itens checados conforme descrito anteriormente, neste caso além do levantamento topográfico da área de implantação fornecido pela mineradora, foi enviado também um polígono limite através de coordenadas, após configurar os parâmetros do sistema de coordenadas indicado pelo cliente no ato do recebimento do levantamento topográfico é que são digitadas pelo projetista o par de coordenadas de cada vértice em um software CAD e se criam pontos, através destes pontos é gerada uma poligonal do local em que é desejado implantar o projeto, realizada está etapa é possível então verificar as curvas de nível juntamente com ortofoto fornecida ou pelo google earth conforme figura 2, sendo mais uma forma de verificar e ter confiança para se iniciar os trabalhos e liberar informações para as demais disciplinas envolvidas no projeto. Existem diversa formas de representar o relevo conforme citado por (SILVA E SEGANTINE, 2015).

Elaboração da geometria

Esta etapa é o início dos trabalhos, onde em posse do plano diretor preliminar elaborado pela disciplina mecânica conforme descrito por Tamiatti (2011), serão iniciados os primeiros estudos e através das premissas elaboradas no critério de projeto e validadas pelo cliente é que serão inseridos os parâmetros para elaboração

dos taludes de corte/aterro, as larguras das plataformas de acesso, as inclinações longitudinais permitidas para elaboração dos traçados dos acessos.

Para elaboração da geometria o projetista acompanhado pelo engenheiro supervisor irá elaborar os estudos preliminares de viabilidade seguindo as orientações e utilizando as informações de topografia, premissas de configuração de taludes, acessos, limites de propriedade e plano diretor preliminar, então iniciará suas atividades e irá elaborar os taludes e desenvolver toda a geometria necessária ao desenvolvimento do projeto, na disciplina de infraestrutura toda a geometria será concebida e terá as elevações estabelecidas em cada platô e a partir destas informações é que será gerada uma superfície de projeto representando o terreno terraplenado na condição de projeto implantado tendo todos os platôs, taludes e acessos. O terreno modelado e terraplenado já em sua configuração final é que será subsídio para calcular os volumes de corte e aterro, através de um MDT (modelo digital de um terreno) conforme (ZIMMERMAN, 2020).

Elaboração dos Volumes

Após a elaboração da geometria com base no arranjo mecânico serão concretizados os taludes de corte/aterro e a partir desta compilação de dados será produzido um modelo tridimensional que irá estabelecer elevações nas linhas de bordo e offsets gerados, criando uma superfície secundária o terreno terraplenado que quando comparada com a superfície primária no caso o levantamento topográfico fornecido pelo cliente poderá calcular os resultados de movimentação de volumes corte/aterro, estabelecidos através da comparação entre estas superfícies. Os volumes podem ser calculados usando conforme seus formatos geométricos sólidos (FONTANA, 2007).

As superfícies citadas neste projeto são formadas por elementos sólidos, malhas triangulares que são geradas através de software o que possibilita a comparação e cálculo dos volumes, através da comparação da superfície primitiva comparada com a superfície de projeto, método de criação de um modelo digital do terreno, conforme descrito por (ZIMMERMAN, 2020).

Método de cálculo dos volumes

Foi adotado para quantificação dos volumes, o método que utiliza duas superfícies distintas e quando uma é sobreposta a outra a comparação entre elas é preenchida no caso dos aterros e recortada no caso dos cortes, logo é possível verificar os volumes através desta resultante através de software.

Os softwares disponíveis para o cálculo de volumes a partir de modelos digitais de terreno (MDT) se baseiam no cálculo de volumes a partir de tronco de prismas. Alguns programas aplicativos interpolam uma malha regular de pontos sobre a região em que se deseja calcular o volume, outros utilizam a rede irregular de triângulos (ZIMMERMAN, 2020).

Abaixo na figura 6 segue o método comparativo entre superfícies utilizado para verificação do volumes de terraplenagem deste projeto, onde são geradas duas superfícies, a comparação entre elas gera os volumes.

Nos projetos baseados em superfícies extensas, em que o movimento de terra ocorrerá em função dos cortes e aterros no terreno, o cálculo do volume pode ser realizado subdividindo a área total em pequenos elementos quadrangulares ou triangulares e calculando o volume do prisma formado por cada elemento, O volume de cada prisma é calculado considerando a altura média dos vértices do prisma e a área, de base e o método de cálculo a ser aplicado dependerá do tipo de distribuição dos pontos cotados, regular ou irregular (SILVA E SEGANTINE, 2015).

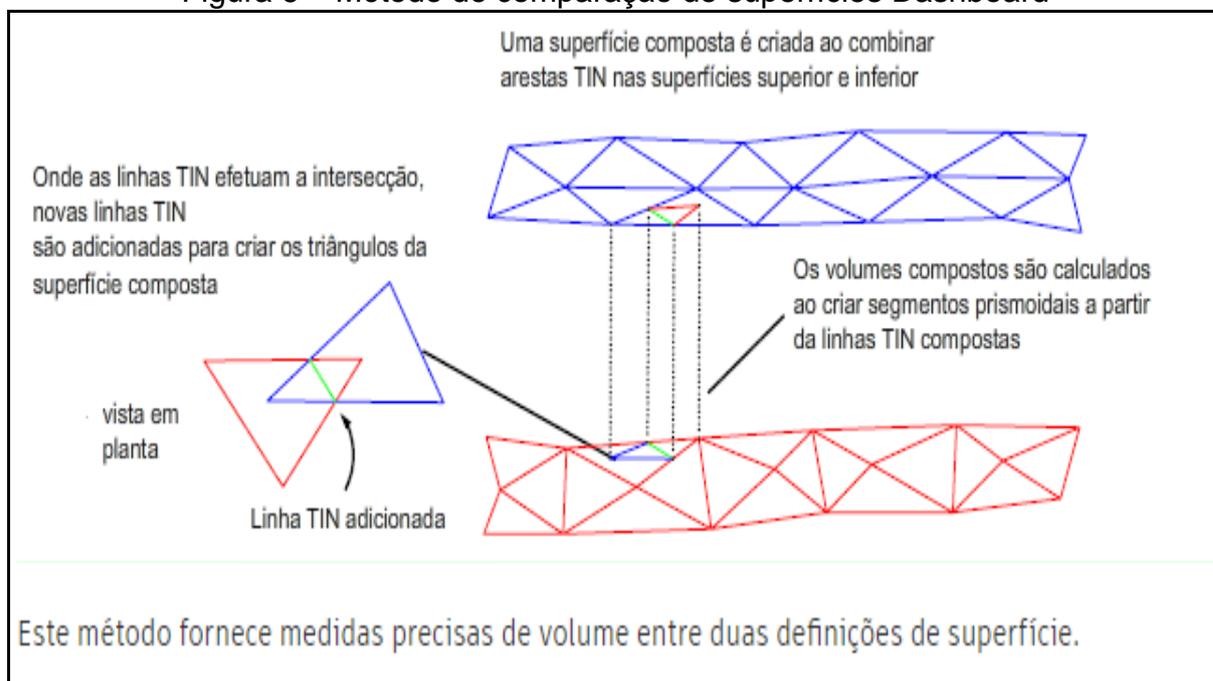
Volumes Dashboard

Para este projeto foi adotado para cálculo de volumes o método de comparação de superfícies indicado abaixo.

"O método de volume composto "Dashboard", utiliza os pontos de duas superfícies, bem como qualquer localização onde as bordas do triângulo entre as duas superfícies se cruzam. O corte, aterro e os volumes líquidos são calculados com base nas diferenças de elevação entre as duas superfícies" (Autodesk Civil 3D 2022).

Abaixo na figura 6 segue o método comparativo entre superfícies utilizado para verificação do volumes de terraplenagem deste trabalho e na figura 13 os volumes extraídos do software autodesk Civil 3D.

Figura 6 – Método de comparação de superfícies Dashboard



Fonte: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2022/PTB/>

Estudo - alternativa 1 - Projeto inicial

Estudo com base na alternativa 1 do arranjo mecânico, foi constatado que o local de implantação não é favorável para a acomodação do projeto em virtude do balanço de massas que foi totalmente descompensado gerando um empréstimo para compor o aterro quase duas vezes o volume de corte escavado, desta forma a busca de material em jazida ficaria muito onerosa em virtude de não possuir locais próximos para empréstimo, informação está já salientada pelo cliente em reuniões referentes as premissas iniciais do projeto.

A terraplanagem é “[...] o conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde esteja em falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado”. (RICARDO E CATALANI, 2007, p. 21).

Neste primeiro estudo figura 8, pode se verificar a falta de balanceamento dos volumes de terraplenagem para volume geométrico de corte $568.130,07\text{m}^3$ contra $1.110.700,45\text{m}^3$ de aterro, totalizando uma necessidade de empréstimo de $542.570,38\text{m}^3$, essa movimentação de terras pode gerar atraso no cronograma de obras e alto custo na entrega do empreendimento, pois, é uma movimentação de terras de grandes proporções e como já citado pelo cliente não existe jazida próxima para buscar material necessário para realização aterros.

As operações de carregamento e transporte são as mais críticas e complexas dentro dos processos de mineração, pois, representam aproximadamente 60% dos custos operacionais entre todos os processos relacionados (COSTA, 2005).

O que pode se perceber no estudo inicial é que a disciplina mecânica usualmente considera uma curva de nível para definir o posicionamento do seu platô isto é uma representação que deve ser avaliada quanto as dimensões do platô, pois, áreas muito extensas podem ter diferentes níveis do terreno ao longo de todo o trecho percorrido, ou seja uma platô pode ter em seus limites áreas de corte e aterro simultâneas, mas somente a infraestrutura com software de modelagem de terreno tem mais propriedade para elaborar a geometria correta com os respectivos taludes. Muitas vezes também é levado em conta o carregamento da planta que é a posição de onde o material lavrado chegará até o platô, logo estabelece suas premissas iniciais e começa a conceituar o plano diretor preliminar segundo (TAMIETTI, 2011).

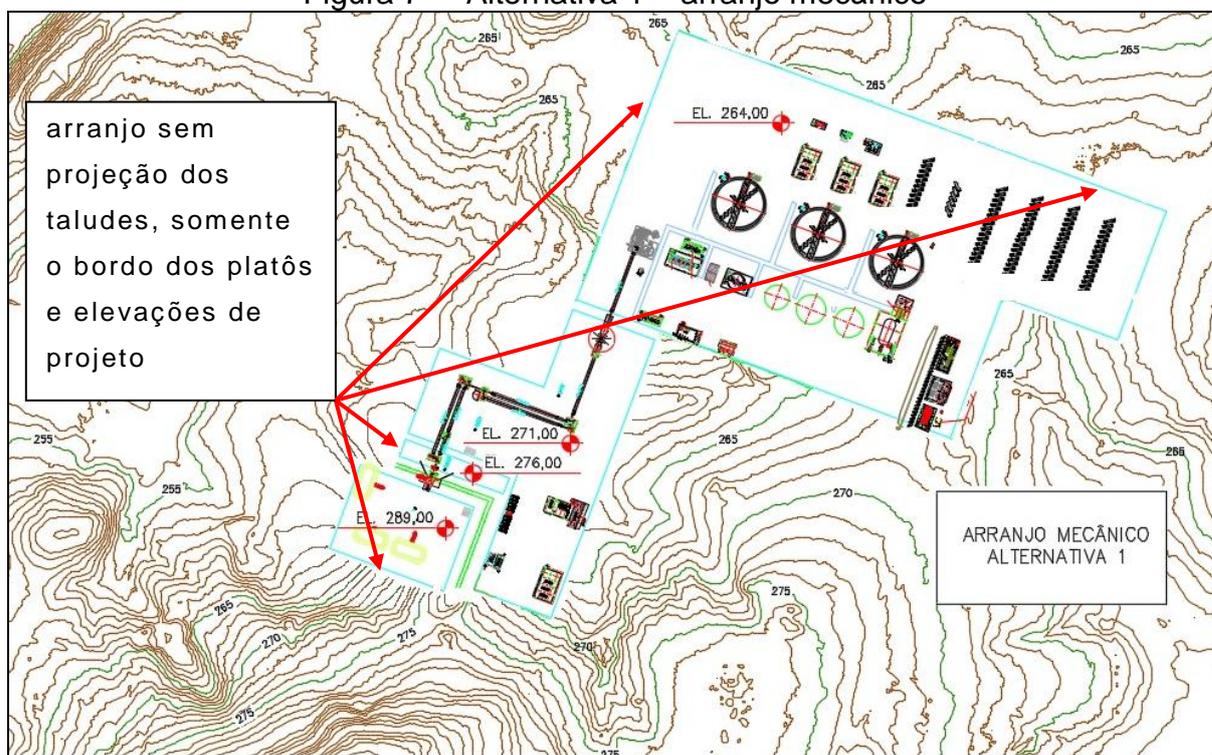
O ponto de atenção que este estudo vem abordar é o uso da disciplina de infraestrutura nesta fase de conceituação do arranjo mecânico que irá compor o plano diretor preliminar, pois é a disciplina quem elabora a geometria do platô e estabelece os volumes de terraplenagem, neste caso teria mais propriedade para apontar as grandes discrepâncias que podem acontecer em termos de terraplenagem e a partir destas indicações é que podemos ter uma melhor visão se continuamos com o arranjo nos moldes pensados pela disciplina mecânica ou se já iniciamos as alterações para o projeto ficar exequível tanto em nível de arranjo mecânico quanto do ponto de vista de terraplenagem, muitas vezes está interface é deixada de lado e a disciplina trabalha para atender uma necessidade do cliente sem ter a sensibilidade de avaliar todo o conjunto, esse é o ponto de desequilíbrio que quando deixado de lado pode gerar o retrabalho, a interface interdisciplinar deve

acontecer, os estudos paralelos devem ser sempre explicitados como estudos de tamanho, estudos locacionais, análise de requisitos legais, análise de custos e demais informações pertinentes conforme citado por (TAMIETTI, 2011).

Segundo Melhado (2005), a coordenação de projetos também não deve ser confundida com a compatibilização de projetos. A coordenação envolve a interação entre os diversos projetistas desde as primeiras etapas do processo de projeto para viabilizar as soluções, o que não elimina a possibilidade de discrepâncias entre as informações produzidas pelas diferentes especialidades.

Esse tempo de desenvolvimento deve ser bem acompanhado pelas lideranças envolvidas no projeto de forma que os profissionais sejam acompanhados e não percam o foco que o projeto precisa, nestes casos é o atendimento de cronograma e avaliação de todas as disciplinas envolvidas para que o projeto seja elaborado corretamente, a coordenação sempre envolvida e sendo um apoio com uma visão mais ampla sempre realizando reuniões orientativas não só pensando nas informações preliminares, mas sempre tendo como horizonte um plano inicial de execução conforme dito por (TAMIETTI, 2011).

Figura 7 – Alternativa 1 – arranjo mecânico

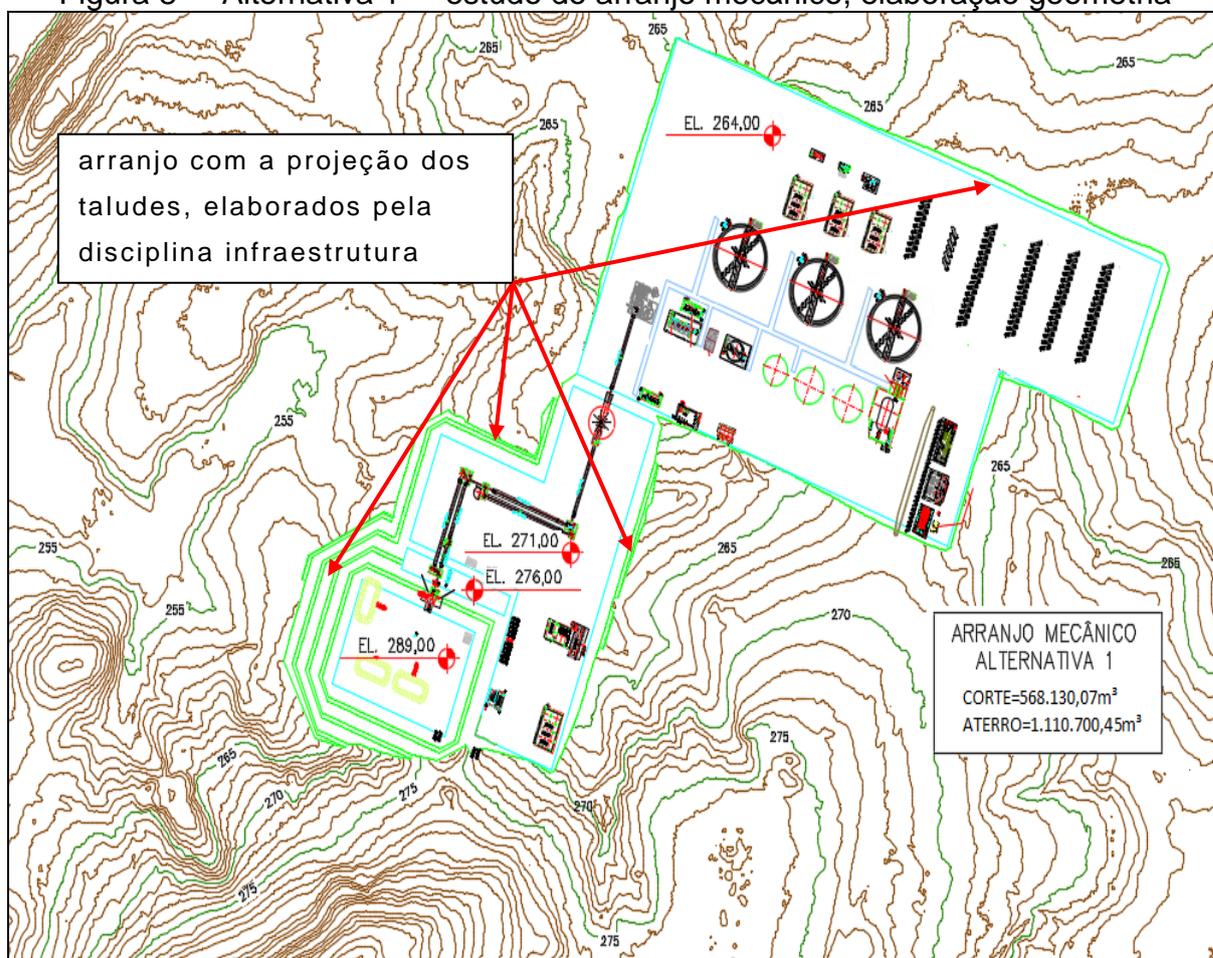


Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

Na figura 7, indicada acima pode se observar que a disciplina mecânica não desenvolve os taludes de corte e aterro e não consegue gerar uma informação preliminar de movimentação de terra entre corte e aterro, somente indica o limite de bordo dos platôs necessários para implantação do arranjo e fica sob responsabilidade da disciplina infraestrutura gerar estas informações.

A disciplina de infraestrutura é que irá acabar de geometrizar a planta estabelecendo os taludes de corte e aterro necessários e verificar também se as elevações indicadas estão de acordo com o local de implantação estabelecidos pela disciplina mecânica no que se refere as elevações de cada platô.

Figura 8 – Alternativa 1 – estudo do arranjo mecânico, elaboração geometria



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

No estudo da alternativa 1, somente geometrizando os taludes e considerando a planta no mesmo local e com as elevações de cada platô indicado pela disciplina mecânica chegou-se a uma movimentação de terras de 568.130,07m³ de corte

contra 1.110.700,45m³ de aterro o que não é uma boa condição de compensação de corte/aterro, podendo tornar o projeto inviável sob a ótica de implantação do projeto de terraplenagem, logo a disciplina infraestrutura na sequência até mesmo para validar o arranjo mecânico da alternativa 1, faz um segundo estudo agora mudando posição da planta e elevações dos platôs.

Estudo - Alternativa 2 - Projeto modificado

Estudo com base no arranjo mecânico rotacionado e com elevação de um platô alterada, foi realizado pela disciplina de infraestrutura de forma a tentar preservar o arranjo mecânico fornecido, o projetista de infraestrutura como possui um maior domínio para conseguir encaixar a planta no terreno de forma a garantir a projeção dos taludes encaixada nos limites estabelecidos para implantação deste projeto.

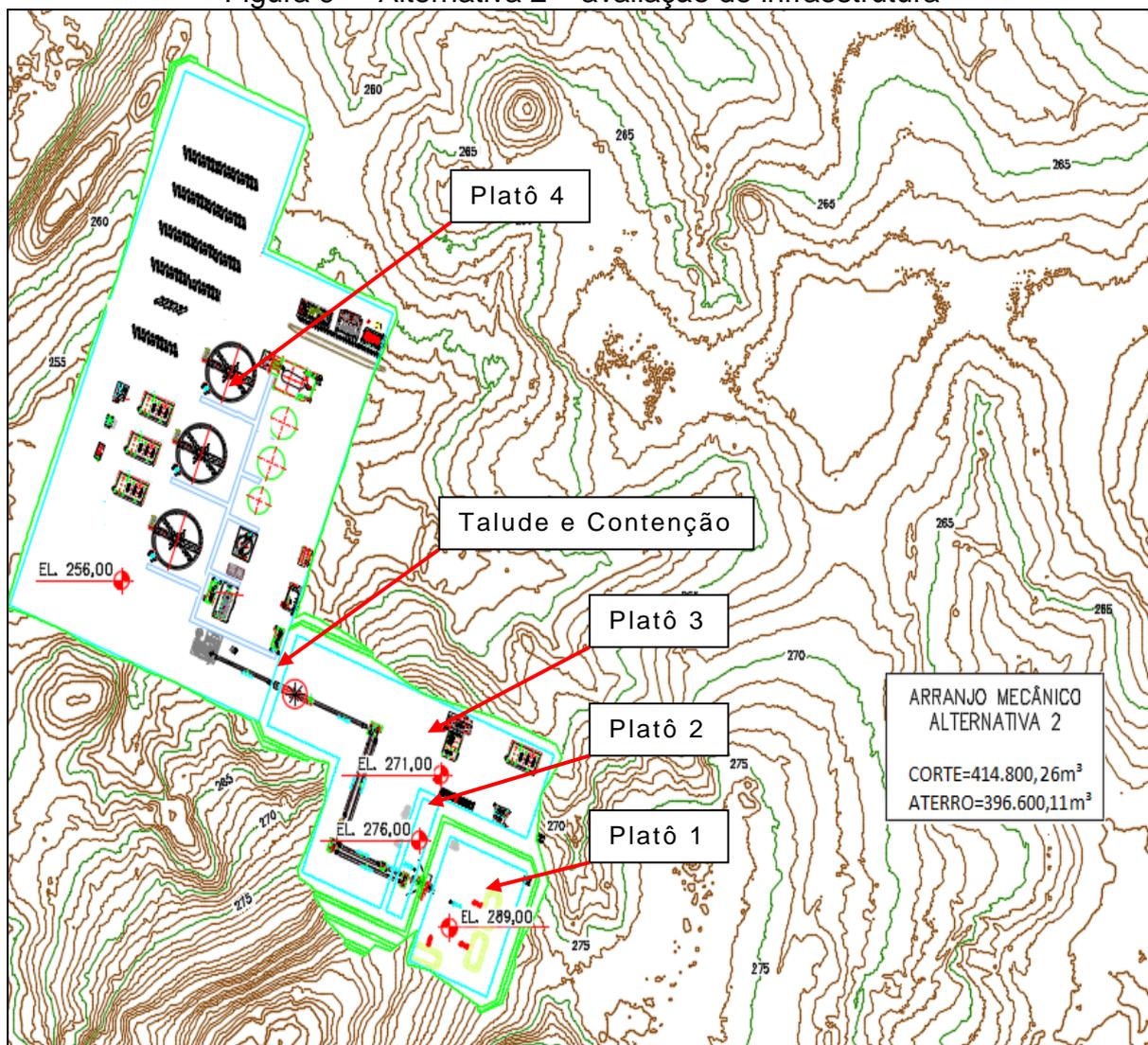
Neste segundo estudo constatou que após a relocação dos platôs do projeto da alternativa 1, a busca de material em jazida foi descartada devido ao equilíbrio entre os volumes de corte 414.800,26m³ contra um aterro 396.600,11m³, sendo isto um fator de extrema relevância, pois, a alteração sugerida pelo projeto geométrico e o reposicionamento do local de implantação sendo favorável, conseguiu-se estabelecer um balanço de massas mais homogêneo onde o volume de corte compensou o volume de aterro de modo que foi desconsiderado quase que totalmente a busca de material em jazida, o equilíbrio deve ser buscado em alguns casos sempre que possível segundo (SILVA E SEGANTINE, 2015).

Este conjunto de informações gerou uma movimentação de terras mais homogênea, pois todo o material poderia ser reutilizado no próprio local, descartando apenas o material de terceira categoria.

Segundo Cunha (1993), a topografia favorece a execução de obras corretas, com ela evita-se erros que podem causar prejuízos futuros, principalmente de cunho financeiro, um levantamento topográfico condizente com a realidade evita grandes prejuízos em projetos, pois, muitos erros são visualizados durante a execução das obras e as soluções algumas vezes geram alto custo para não perder o que já foi executado.

A facilidade que a disciplina de infraestrutura possui para gerar um terreno terraplenado em uma posição de melhor encaixe de acordo com a topografia, é o ponto forte a ser sempre levado como fator preponderante na tomada de decisões e não ser disciplina utilizada apenas para contornar problemas gerados em uma decisão inicial, o foco não é ter um culpado, mas sim fazer uma junção de esforços para conseguir chegar a um bom resultado e se possível otimizar tempo evitando retrabalhos desnecessários.

Figura 9 – Alternativa 2 – avaliação de infraestrutura



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

O volume de terra escavado não será igual ao volume de terra depositado, pois quando se realiza projetos de engenharia com terra, é necessário somar ao volume

de deposição uma porcentagem a mais, o empolamento do material referente à compactação da terra (CAMARGO & ALLEONI, 2006).

Nesta segunda avaliação agora otimizada pela disciplina de infraestrutura o que pode se perceber é a otimização dos volumes geométricos de terraplenagem:

- Volume geométrico de corte 414.800,26m³
- Volume geométrico de aterro 396.600,11m³
- Volume bota fora somente material de 3ª categoria de 41.480,02m³
(10% do volume total escavado considerado como material de descarte)
- Volume de empréstimo 23.279,87m³
(volume de corte 414.800,26m³ - material de 3ª categoria - volume de aterro)

Nesta fase conceitual do projeto este balanço homogêneo é aceitável apesar de ter que considerar um fator de compactação na ordem de 25% para os aterros, além disto para fechar todo o projeto ainda serão necessários desenvolver os acessos e platôs administrativos o foco neste momento é o platô principal, pois, dele é que se derivarão as informações para alimentar as demais disciplinas, o projeto conceitual é formulado paralelamente a outros estudos conforme citado por (TAMIETTI, 2011).

Um ponto de observação é através da figura 9 a seguir, onde foi necessário fazer uma rotação da planta e o platô 4 figura 9 necessitou que sua elevação fosse alterada para a elevação 256,00m.

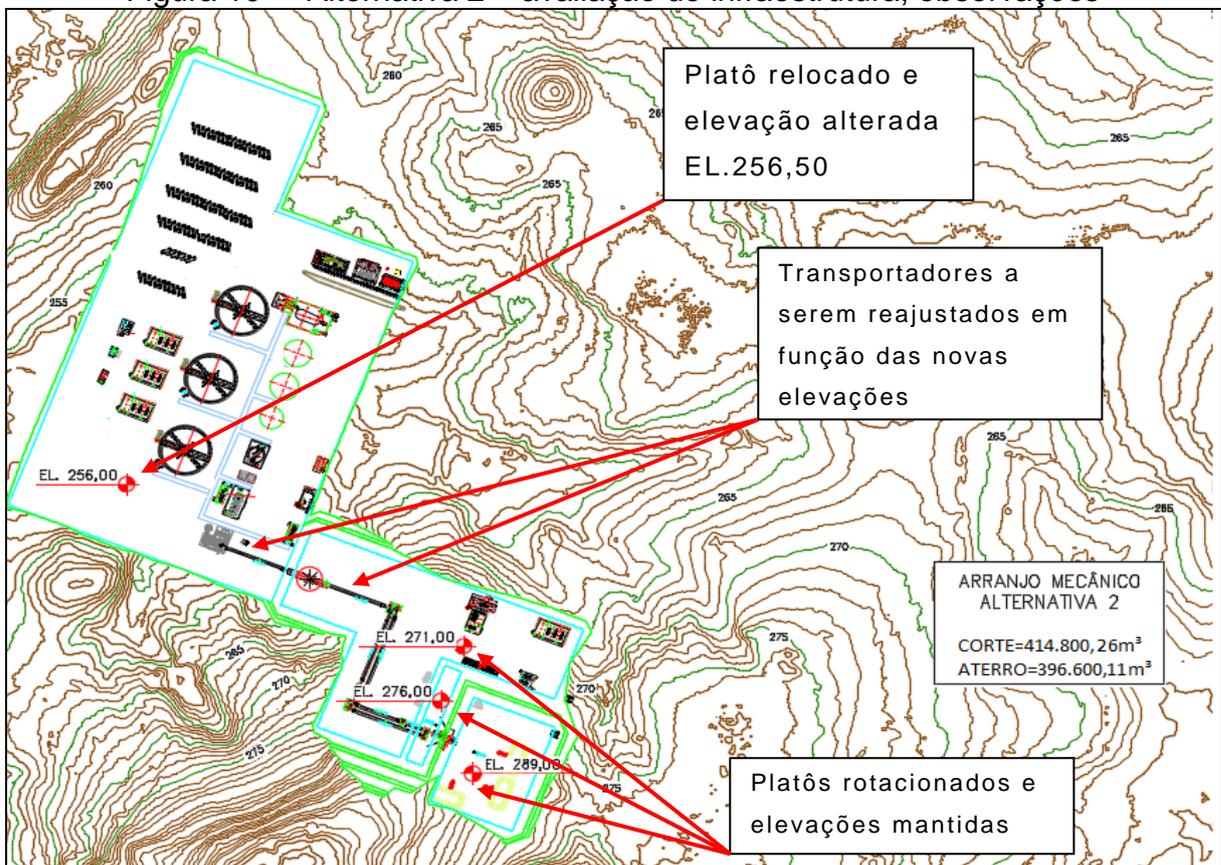
- Alternativa 1, diferença de nível entre os platôs 271,00m / 264,00m totalizando um desnível de 7,00m ver figura 8.
- Alternativa 2, diferença de nível entre os platôs 271,00m / 256,00m totalizando um desnível de 15,00m ver figura 9.

Na alternativa 1 é demonstrado o desnível proposto pela disciplina mecânica é de 7,00m e na alternativa 2 teve o seu desnível agora proposto pela disciplina infraestrutura com uma diferença de 15,00m entre platôs, esse desnível poderia inviabilizar o plano diretor, pois, houve toda uma conceituação da parte mecânica respeitando os desníveis indicados na alternativa 1, analisando em termos de obras

de terraplenagem os volumes foram otimizados não tendo a necessidade de empréstimo de materiais, mas inicialmente foi indicado a necessidade de uma contenção de 5,0m de altura entre o platô 3 e 4 (figura 9) para respeitar o talude entre banquetas com altura máxima de 10,00m podendo evoluir até mesmo para somente um taludamento entre os platôs em uma próxima fase do projeto tendo a necessidade de relocar algumas edificações em termos mecânicos sem grandes impactos, pois, haverá a necessidade de rever a conceituação do arranjo para compensar o desnível gerado entre os platôs.

Este platô que teve a sua mudança de elevação da cota inicial 264,00m para 256,00m é que representou a grande movimentação de terraplenagem, pois, na primeira alternativa era necessário um aterro de 542.570,38m³, material necessário a ser buscado em área de empréstimo, agora nesta segunda alternativa obteve a movimentação de terra corte/aterro, buscando um equilíbrio segundo (SILVA E SEGANTINE, 2015).

Figura 10 – Alternativa 2 – avaliação de infraestrutura, observações



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

Na alternativa 2 conforme imagem figura 10, pode se perceber que as elevações dos platôs nas cotas 289,00m, 276,00m, 271,00m foram mantidas as mesmas da alternativa 1, os platôs foram rotacionados no terreno com uma variação do deslocamento e no maior platô na elevação 256,00m é que além da rotação da planta como um todo houve o rebaixamento da elevação para minimizar a terraplenagem.

A fase conceitual do projeto é a necessidade do cliente verificar os custos do empreendimento segundo Tamietti (2011), avaliando se este é viável economicamente, analisando o material que irá ser lavrado e o tempo útil de mineração no local destinado, o ajuste fino e o balanceamento de volume mais assertivo será dado em uma nova fase, onde após as sondagens realizadas é que serão verificados os materiais presentes no local do empreendimento o que pode ocasionar algum ajuste no projeto para compensar estes volumes.

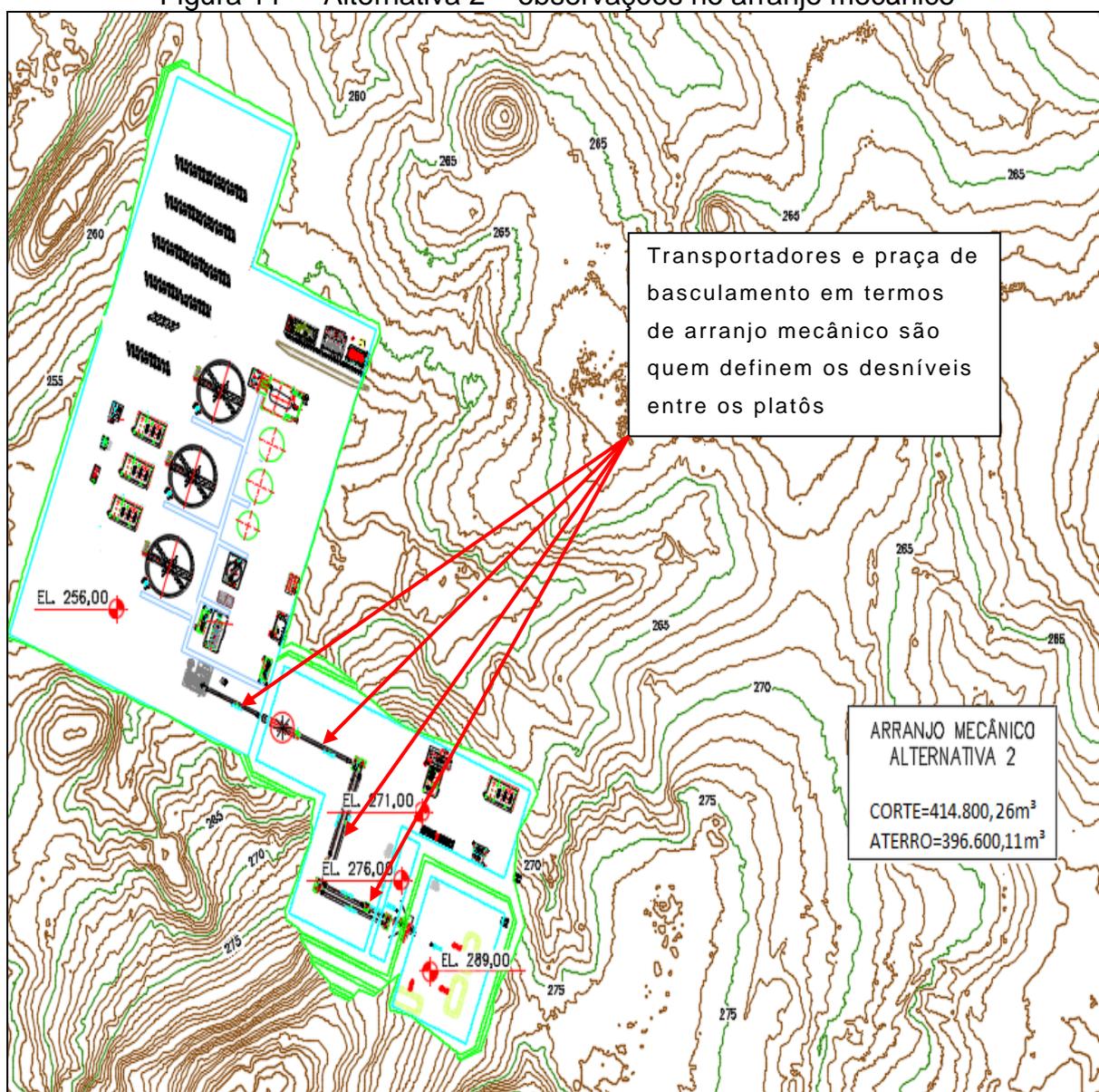
Conforme indicado na figura 11, os transportadores e praça de basculamentos são as partes que definem em termos de arranjo mecânico os desníveis entre os platôs devido a necessidade de desníveis para montagem das correias dos transportadores e de todo o processo envolvido no arranjo mecânico.

Para evoluir com todo o arranjo é indicado solicitar a disciplina infraestrutura avaliar o melhor local para implantar estes desníveis de acordo com a altimetria da topografia do local, conforme citado por Zimmerman (2020) a altimetria, representada graficamente através de curvas de nível proporciona uma visão panorâmica do relevo, feito isto é possível tentar evitar grandes movimentações de corte e aterro e estimar uma área média para cada platô em acordo com o necessário estimado no arranjo mecânico, lógico que isto teria de ser uma interação entre as disciplinas onde uma alimentaria as informações para a outra simultaneamente, nesse primeiro momento a disciplina de infraestrutura vai definir a melhor posição, elevações e a disciplina mecânica irá dar sequência dimensionando as áreas necessárias em cada platô para receber os demais equipamentos, o intuito disto é enquanto uma disciplina absorve a informação da outra e trabalha nesta tratativa a segunda disciplina teria tempo para avaliar os demais itens necessário

para compor o arranjo e assim sucessivamente até o conceito estar totalmente definido e verificado interdisciplinarmente. O objetivo seria alcançado otimizando tempo e retrabalho geral.

O princípio para o estudo da altimetria é a materialização de superfícies de referências de nível que sirvam de comparação entre os vários pontos do terreno e as alturas advindas dessas referências, como a altitude ou a cota (TULER E SARAIVA, 2016).

Figura 11 – Alternativa 2 – observações no arranjo mecânico



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

Validação interna

Nesta etapa após a elaboração da nova geometria, a disciplina mecânica irá avaliar os impactos das alterações sugeridas pela infraestrutura, verificar novamente as suas premissas utilizadas na alternativa 1 e verificar o retrabalho que será necessário de acordo com o cronograma do projeto, nesta fase é que se verifica a importância das duas disciplinas trabalharem em conjunto pois uma afeta a outra, podendo gerar retrabalhos que possam prejudicar o cronograma e gerar atrasos não só para as duas disciplinas mas para todas as outras envolvidas que dependem do plano diretor.

Após a avaliação da alternativa 2 sugerida pela infraestrutura a disciplina mecânica deverá fazer um ajuste nos últimos transportadores devido ao desnível que na “alternativa 1” era da elevação 271,00m / 264,00m com diferença de 7,0m e agora na “alternativa 2” é da elevação 271,00m / 256,00m com diferença na ordem de 15,00m, como a diferença de nível nesta segunda alternativa o platô ficou mais baixo, não houve problemas já avaliados pela disciplina mecânica, mas ajustes do arranjo mecânico vão ser necessários, não poderia ter acontecido o contrário o segundo platô ter ficado mais alto e não atenderia em termos de conceitos mecânicos, o que seria um agravante, pois, se perderia o arranjo mecânico como um todo, sob o olhar da terraplenagem já se pensando numa próxima fase do projeto já se pode avaliar os custos de uma terraplenagem mecanizada que se caracteriza por requerer grandes investimentos conforme citado por (RICARDO E CATALANI, 2007).

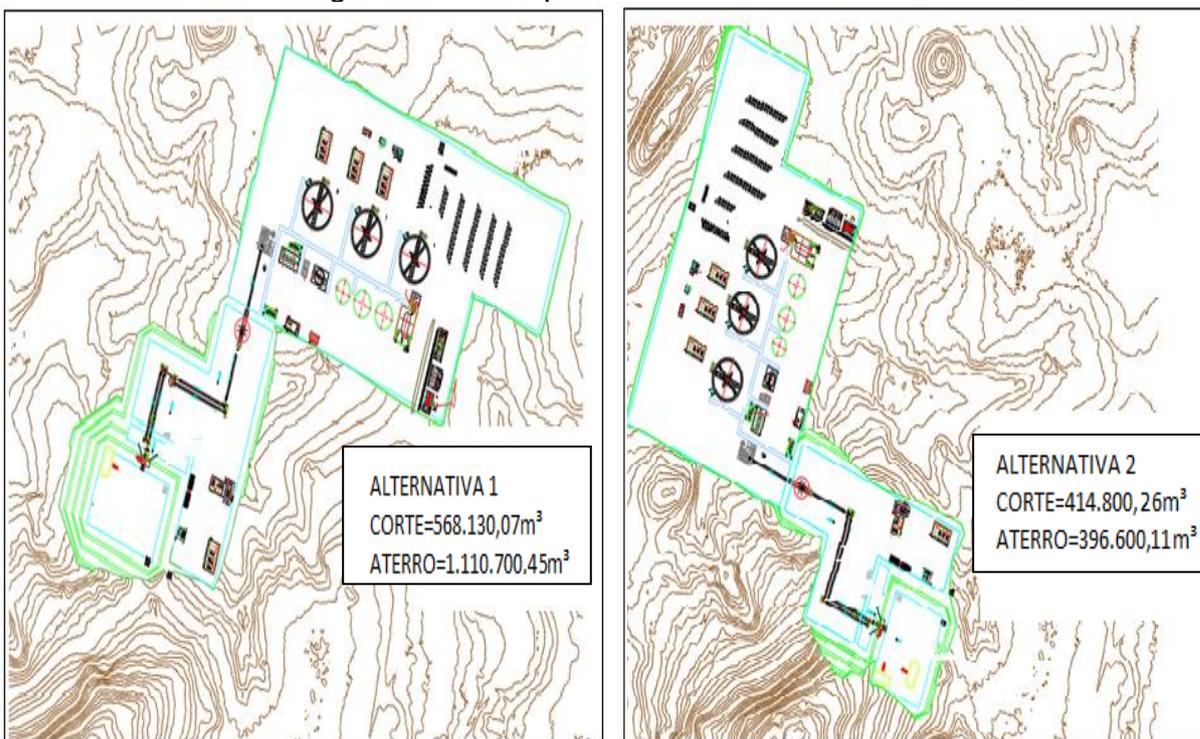
O que pode ser observado é, se apenas a rota básica dos transportadores (arranjo mecânico) e os desníveis requeridos tivessem sido passados de forma preliminar para infraestrutura conforme citado por Tamietti (2011) o projeto conceitual é formulado paralelamente a outros estudos, com este conceito seria possível avaliar e indicar a melhor condição de assentamento, não correria o risco de perder todo o arranjo já elaborado, em projeto não podemos contar com o fator sorte e sim com a engenharia bem planejada e elaborada.

Apresentação ao cliente

Neste momento após a verificação e validação dos estudos acordados entre as disciplinas de mecânica e infraestrutura, todos os acertos do projeto já tiverem sido realizados e o projeto concluído, será apresentado ao cliente o que foi concebido originalmente e o projeto contendo as melhorias, neste momento de projeto conceitual é que são permitidas todas e quaisquer soluções desde que atendam os requisitos e prazos acordados. O último passo é a entrega da solução de projeto a ser apresentada à validação pelo contratante (MELHADO, 2005).

Como forma de ganhar a confiança do cliente também serão apresentadas as duas soluções propostas de modo que o cliente irá constatar que a alternativa mais bem elaborada no caso a alternativa 2 é a mais recomendada devido ao equilíbrio de movimentação de terra entre corte e aterro, após esta verificação será dada a sequência com o projeto e optando por descartar a alternativa 1, já apresentada inicialmente onde foram avaliadas apenas os conceitos do arranjo mecânico, pois, na primeira entrega não houve a validação de infraestrutura nesta etapa.

Figura 12 – comparativo entre alternativas



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

A figura 12 acima mostra claramente a discrepância entre os volumes de aterro, onde a alternativa 1 é quase 3 vezes maior que o volume de aterro da alternativa 2, já o volume de corte não teve uma movimentação de grandes proporções, quando comparado com os volumes de aterro, a necessidade da segunda alternativa foi para balancear o volume de corte/aterro, ou seja uma tentativa de aproveitar quase todo o material escavado para compor o aterro necessário.

Conforme Silva e Segantine (2015) em determinados casos de terraplenagem de plataformas, pode ocorrer de se buscar o equilíbrio entre o volume de corte e o volume de aterro, ou seja, a quantidade de terra a ser escavada no terreno deve ser igual à quantidade a ser aterrada.

Figura 13 – volumes referentes as duas alternativas extraídos do software

Name	B	Mid-Ordinat...	Cut Factor	Fill Factor	Style	Cut(adjusted)...	Fill(adjusted)(Cu. ...)
ALTERNATIVA 1			1.000	1.000	VOLUME PL...	568130.07	1110700.45

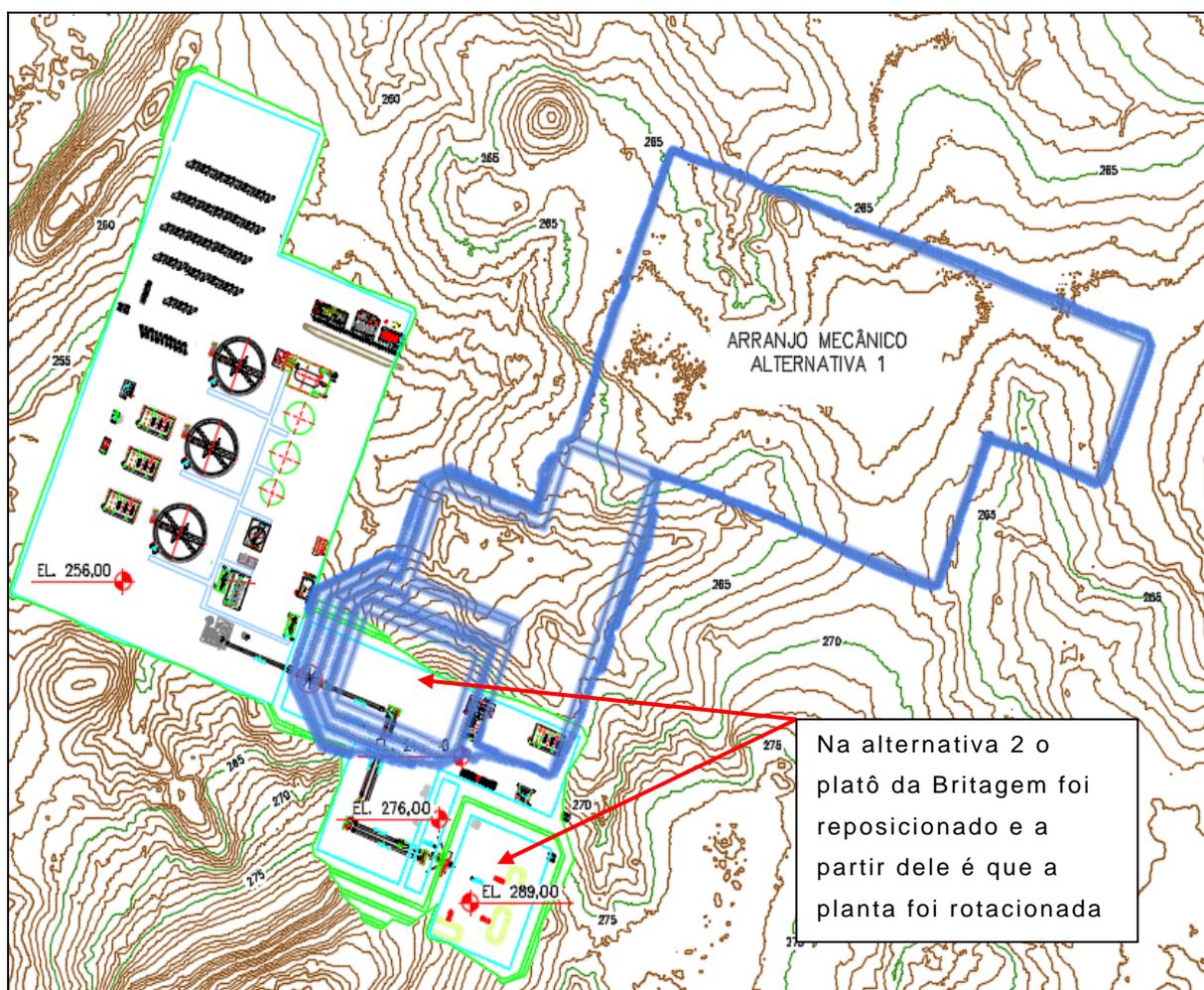
Name	B	Mid-Ordinate ...	Cut Factor	Fill Factor	Style	Cut(adjusted)(Cu...	Fill(adjusted)(Cu. M.)
ALTERNATIVA 2			1.000	1.000	VOLUME PL...	414800.26	396600.11

Fonte: autodesk civil 3D, 2024

A figura 13 acima se refere aos volumes obtidos neste projeto, onde "Cut" se refere ao volume de corte e "Fill" se refere ao volume de aterro, volumes referentes ao método Dashboard o qual possibilitou a extração dos quantitativos de movimentação de terraplenagem, realizada através do software autodesk civil 3D.

Está informação só foi concebida após o estudo da alternativa 2 elaborado pela disciplina de infraestrutura, o arranjo mecânico inicial absorveu no início dos estudos quase 1 mês para ser concebido sem qualquer atuação por parte da disciplina de infraestrutura, este primeiro mês poderia ter sido mais bem administrado tendo a interface das duas disciplinas evitando retrabalhos e ajustes desnecessários.

Figura 14 – sobreposição das alternativas



Fonte: Adaptado pelo autor, 2024

Quando se observa de forma comparativa as duas alternativas, em termos de layout é o mesmo, mas um rotacionado e reposicionado no terreno em relação ao outro

conforme indicado na figura 13 acima, o platô da britagem foi reposicionado no terreno de forma que se tenha mais corte do que aterro, pois, é o ponto mais alto do terreno existente e os demais platôs encaixados no terreno em local de equilíbrio do corte e aterro, o conjunto de operações necessárias pra remover a terra dos locais em que se encontram em excesso para aqueles em que há falta conforme (RICARDO E CATALANI, 2007).

Essa etapa é quando se avalia as elevações e começa a verificar os retrabalhos, pois, para este projeto não foi contratado estudo de tradeoff (estudo de alternativas), estas reavaliações caem no custo do projeto como horas de retrabalho, devido ao arranjo preliminar ter sido apresentado ao cliente e após a sua aprovação inicial ele ter sido enviado a disciplina de infraestrutura para verificação dos volumes, a partir desta etapa começaram a surgir os problemas, em um primeiro momento foi uma discrepância entre os volumes de corte/aterro que tornariam o projeto inviável em termos de terraplenagem, daí a necessidade de uma nova alternativa para sanar este problema, que no caso específico deste projeto não teve grandes retrabalhos, devido ao arranjo mecânico conseguir absorver as novas elevações determinadas pelo projeto de terraplenagem, sem grandes alterações, o estudo de viabilidade para estimativa de custos deve ser seguido de forma interdisciplinar e não cada disciplina avaliando seu projeto em separado, as estimativas de custo para confirmar a viabilidade do projeto é um etapa que deve ser respeitada conforme (TAMIETTI, 2011).

Planejamento do projeto alvo de estudo

Como este projeto conceitual foi premissado para elaboração em seis meses de projeto a partir da data de reunião inicial realizada no início novembro de 2023, os primeiros estudos foram concebidos e retrabalhados em dois meses terminando para apresentação ao cliente em janeiro, desta forma o cronograma está em dia e com a aprovação do cliente deste trabalho de infraestrutura/mecânica, já pode ser liberado para as demais disciplinas envolvidas na conceituação do projeto iniciarem os seus projetos possuindo ainda 4 meses para concluírem o seu projeto, pois a base inicial foi montada para evitar também retrabalhos das demais disciplinas.

Pelo planejamento a seguir indicado na tabela 1 é possível visualizar que os meses de novembro 2023 e dezembro 2023 foram totalmente utilizados pela disciplina mecânica e pelo planejamento do projeto que é uma prática normal, somente no mês de janeiro foi liberado as informações para a disciplina de infraestrutura trabalhar no projeto em conjunto com a disciplina mecânica, ponto crucial para detecção de problemas e otimização do projeto, é uma etapa muito importante pois deve haver contato direto entre as disciplinas para viabilizar o empreendimento onde cada parte pontua as suas necessidades e restrições.

O projeto com base no planejamento está atendendo os prazos, a ressalva que fica é tentar envolver as disciplinas primárias o quanto antes, para opinarem e levantarem informações que garantam uma margem de tranquilidade para desenvolvimento do projeto, os primeiros meses são de definição logo a disciplina infraestrutura deve ser envolvida de forma a auxiliar a conceituação, logo evitaria retrabalhos e conseqüentemente anteciparia os prazos das entregas, não se pode trabalhar nos limites dos prazos, a busca pela antecipação é fundamental para que os problemas eventuais que surgirem tenham margem para serem corrigidos sem que as disciplinas tenham que estar sempre trabalhando com o planejamento apertado, neste momento a coordenação de projetos deve ser eficaz para envolver a interação entre os diversos projetistas desde as primeiras etapas do processo de projeto segundo (MELHADO, 2005).

Tabela 1 – Planejamento do projeto alvo da pesquisa

ATIVIDADES / ANO	Nov. 2023	Dez. 2023	jan. 2024	Fev. 2024	Mar. 2024	Abr. 2024
Reunião inicial - liberação do projeto para disciplina mecânica conceituar o layout solicitado pelo cliente e equipe de planejamento	X					
Liberado para disciplina infraestrutura verificar volumes e elevações e adequação do arranjo mecânico caso necessário.		X				
Liberação para demais disciplinas, atendimento de cronograma e entregas iniciais			X			
Entrega final do projeto e atendimento de comentários				X	X	
						X

X	Trabalho iniciado
X	Trabalho em regime de atendimento de cronograma
X	Final de projeto

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Elaboração dos demais projetos de infraestrutura

Com o projeto geométrico validado serão elaborados os demais projetos de infraestrutura como os projetos de drenagem, pavimentação e por fim a elaboração da planilha de quantidades que é o alvo principal desta fase do projeto, pois, através dela é que serão estimados os custos para implantação do projeto e se este custo é viável para execução, dados estes a serem validados pelo cliente.

A conceituação inicial do projeto geométrico é a base para os demais projetos de infraestrutura serem realizados com mais clareza, pois obras de drenagem também são onerosas e quando não conceituadas adequadamente podem aumentar mais ainda o impacto de custo do projeto.

Durante a elaboração do projeto pode se analisar a quantidade de interfaces necessárias para chegar a um produto final e todas as etapas a serem vencidas.

O alvo principal abordado neste trabalho são os estudos preliminares e o motivo deste estudo, mas se ele não for avaliado e os profissionais envolvidos não tiverem o devido comprometimento, todo o sequenciamento do projeto pode ser prejudicado e ocasionar os atrasos tão temidos no desenvolvimento do projeto, pois, sem a geometria definida não pode ser realizado o projeto de drenagem, sem as elevações definidas não é possível realizar os projetos das demais disciplinas por completo, pois, mudanças de elevação causam impacto e edificações, desníveis entre transportadores, rotas de tubulação e todas as outras disciplinas que estiverem envolvidas no projeto e que necessitem de uma infraestrutura consolidada.

8.0 CONCLUSÃO

A cultura das empresas do ramo de engenharia consultiva, deve ser repensada diariamente para que disciplinas como engenharia mecânica que como se diz popularmente é o “carro chefe”, não subestime as demais disciplinas e não façam com que todas as outras tenham que trabalhar com prazos apertados para atender as entregas previstas devido a uma falta de comunicação, é necessário solicitar apoio no início dos estudos, não existe uma disciplina mais importante que a outra, mas todas agregam valores e devem interagir sempre.

Como foi citado diversas vezes neste estudo de caso, retrabalho e cronograma são sempre as partes mais sensíveis em projetos, pois, retrabalho impacta diretamente em cronograma, a única forma disto não acontecer ou minimizar é a comunicação entre as disciplinas se tornar um fator condicionante para que as etapas sejam cumpridas sem maiores transtornos, cabe as empresas terem profissionais qualificados que façam esse acompanhamento, pois muitas vezes os projetistas recebem uma demanda e não são devidamente orientados, cabe a engenharia fazer esse controle seja no papel de um supervisor ou coordenador do projeto, mas que tenha a função de auxiliar e não só cobrar entregas, pois, o que se busca é um projeto correto na data de entrega correspondente.

A proposta deste trabalho de conclusão de curso é demonstrar os passos necessários para se alcançar êxito nos projetos de engenharia na área de mineração. No entanto, ao longo do trabalho, ficou evidente que as ferramentas e estudos apresentados são importantes para qualquer área da engenharia e não apenas para projetos de engenharia na área de mineração.

9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como profissional atuante da área, em minhas considerações deixam neste estudo a experiência de atuar diariamente em projetos de infraestrutura e perceber que a tarefa de interface entre as disciplinas não pode ser uma via de mão única, mas sim uma integração diária para estreitar laços entre profissionais de diferentes formações para que com o passar dos anos as boas práticas sejam realizadas como rotina e os rótulos de uma disciplina acreditar ser ou não mais importante seja deixado de lado, pois, todos os envolvidos tem a sua devida importância.

O atendimento do projeto nos prazos solicitados deve sempre rever as experiências passadas, muitas vezes se utilizando de lições aprendidas em erros de projetos já executados, de forma que erros passados não sejam cometidos no futuro com base no descumprimento de princípios básicos, o fracasso acontece quando não existe a comunicação.

Atualmente, em um mundo cada vez mais moderno e com diversas tecnologias acessíveis, não se pode deixar de lado os velhos costumes, algumas conversas rápidas ao invés de uma reunião semanal com muitos envolvidos pode ser o que dará resultado no final.

10.0 CRONOGRAMA

Tabela 2 - cronograma do projeto de pesquisa

ATIVIDADES / ANO 2024	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul
Atividade 1, Aceite do problema de pesquisa						
Atividade 2, Envio do primeiro capítulo						
Atividade 3, Envio do segundo capítulo						
Atividade 4, Envio do terceiro capítulo						
Atividade 5, Envio do quarto capítulo						
Atividade 6, Envio da introdução e Conclusão						
Atividade 7, Envio do TCC						
Atividade 8, Depósito final para a Banca						
Atividade 9, Depósito após realização da Banca						

Fonte do autor, 2024

1. Etapa Cumprida
2. Etapa em andamento
3. Etapa a ser cumprida

Descrição das atividades:

Atividade 01 – Aceite, Envio do Projeto, Revisão do Tema, Problema de Pesquisa e Sumário

Atividade 02 – Enviar o primeiro capítulo ou primeira parte do projeto

Atividade 03 – Enviar o segundo capítulo ou segunda parte do projeto

Atividade 04 – Enviar o terceiro capítulo ou terceira parte do projeto

Atividade 05 – Enviar o quarto capítulos ou quarta parte do projeto e demais

Atividade 06 – Enviar a introdução e a conclusão

Atividade 07 – Enviar o TCC finalizado para o Exame de Qualificação

Atividade 08 – Depósito final para banca - Entrega do TCC, finalizado

Atividade 09 – Depósito do TCC após realização da banca

11.0 AUTORIZAÇÕES

Neste estudo foram referenciadas imagens e informações de um projeto de terraplenagem citado apenas como exemplo e está sendo elaborado com apoio do autor deste trabalho de conclusão de curso, que atua como contratado através de sua empresa como consultor.

As imagens e informações foram descaracterizadas quanto a sua localização a fim de preservar questões contratuais, foram somente extraídas imagens para elaboração deste estudo, com a finalidade apenas de apresentar as questões pertinentes deste trabalho de conclusão de curso, os softwares citados neste trabalho são de propriedade da empresa contratada diretamente pelo cliente, a empresa subcontratada Adler Engenharia e Consultoria LTDA, atua somente como consultora de infraestrutura.

Abaixo o responsável técnico da Adler Engenharia e Consultoria LTDA, autoriza o uso de imagens e informações desde que preserve informações de localização com finalidade de garantir a integridade do contratante.



Responsável técnico pela Adler engenharia e consultoria LTDA

Raphael Adler da Conceição Souza

Engenheiro Agrimensor

12.0 REFERÊNCIAS

- ABRAM, Isaac. **Manual Prático de Terraplenagem** – 1ª ed. – São Paulo. Editora PINI, 2000.
- ALVARENGA, G. B. **Despacho ótimo de caminhões numa mineração de ferro utilizando algoritmo genético com processamento paralelo. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica. 1997. 80 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-1:** Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133:** Execução de levantamento topográfico: procedimentos. Rio de Janeiro, 1994.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo.** 2006.
- COSTA, F. P; SOUZA, M J. F.; PINTO, L. R. **Um modelo de programação matemática para alocação estática de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade.** Revista Escola de Minas, 2005.
- CUNHA, N. O. **Programa da disciplina ECV 1121. Topografia.** Florianópolis: UFSC, 1993.
- DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006.
- DNIT **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2008.
- FONTANA, C. R; LIMA, W. P; FERRAZ, S. F. B. **Remoção de sedimentos pelo nivelamento de estradas florestais.** Scientia Forestalis, n. 76, p. 103-109, 2007.
- LEE. S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias.** Editora UFSC, Florianópolis, 2013.
- MELHADO, Silvio Burrattino et al. **Coordenação de Projetos de Edificações.** São Paulo: Nome da Rosa, 2005.
- NICHOLS, H.; DAVID, D. **Moving the Earth: The workbook of excavation,** 6th ed. McGraw-Hill Professional, 2010.
- RICARDO, Hélio de Souza; CATALANI, Guilherme. **Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha.** 3. ed. São Paulo: Pini, 2007.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. 172 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SCHARA, Marco. **Apostila Construindo Saber Obras Rodoviárias** – Rio de Janeiro: Editora Didatix, 2014.

SILVA, Irineu da; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. **Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

TAMIETTI, Ricardo Prado. **Empreendimentos Industriais: fundamentos**. Belo Horizonte: Engeweb, 2011.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de geodésia e cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

ZIMMERMANN, Vivian da Silva Celestino Reginato. **Apostila de Topografia. Apostila (didática)** - Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Civil. Florianópolis, SC, 2020