



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA CONSULTIVA

MARCOS SÁVIO MENEZES LOURENÇO

**GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO
PROGRAMAÇÃO LINEAR**

FORTALEZA

2022

MARCOS SÁVIO MENEZES LOURENÇO

**GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO
LINEAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Especialista em Engenharia Consultiva pela
Faculdade Ari de Sá.

Aprovado(a) em: ___/___/___

Faculdade Ari de Sá

GESTÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR

MENEZES LOURENÇO, Marcos Sávio

RESUMO

Este trabalho tem como foco a otimização do sistema produtivo na indústria da construção civil, tomando como base o cenário atual das empresas construtoras, bem como as tendências e evoluções dos trabalhos e ferramentas de gestão que visam à otimização dos resultados, ou seja, minimização de custos e tempo aliado a maximização dos avanços operacionais e produtivos. A pesquisa trata de uma forma descritiva o tema principal, partindo para análise de um projeto-base, no qual se dará ênfase em suas fases construtivas. É exposto também no trabalho um estudo para uma questão que está relacionada ao dimensionamento ideal de serviços a fim de que seja atingida determinada meta estabelecida a fim de garantir a receita para as próximas etapas da obra em foco no estudo de caso. Os dados foram colhidos de relatórios mensais elaborados pelo setor de engenharia da empresa executora do projeto-base. O modelo de otimização foi concebido utilizando base matemático-computacional baseado em programação linear. Concluindo, é salientada a importância da Gestão de Projeto com respeito à procura de soluções dinâmicas e inovadoras aos problemas produtivos mais importantes desta era do conhecimento.

Palavras-chaves: Gestão de Projetos na Construção Civil, Otimização da Produção, Programação Linear.

PRODUCTION MANAGEMENT IN CIVIL CONSTRUCTION USING LINEAR PROGRAMMING

MENEZES LOURENÇO, Marcos Sávio

ABSTRACT

This work has as focus the optimization of the productive system in the industry of the building site, taking as base the current scenery of the building companies, as well as the tendencies and evolutions of the works and administration tools that seek to the optimization of the results, in other words, minimization of costs and allied time the maximization of operational improvements and productive. The research treats in a descriptive way the main theme, leaving for analysis of a project-base, in which will feel emphasis in your constructive phases. It is also exposed in the work a study for a subject that is related to the ideal dimension of services so that certain established goal is reached to guarantee the revenue for the next stages of the work in focus in the case study. The data were picked of monthly reports elaborated by the section of engineering of the executive company of the project-base. The optimization model was conceived using base mathematical-computational based on lineal programming. Ending, it is pointed out the importance of the Administration of Project regarding the search of dynamic and innovative solutions to the more important productive problems of this era of the knowledge.

Word-keys: Administration of Projects in the building site, Optimization of the Production, Linear Programming.

1 INTRODUÇÃO

Apesar da retração evidenciada nos últimos meses de 2020, a construção civil está equilibrada e tende a reaquecer com os investimentos projetados para o setor ao longo do ano. A estimativa é que o segmento seja um dos menos impactados no Brasil pela crise econômica mundial. A avaliação é do presidente da Câmara Brasileira da Indústria da Construção [CBIC], Paulo Safady Simão.

Com isso nada mais sensato que precaver-se com desperdícios, perdas ou mesmo aprimoração adequada das técnicas de gestão.

O mercado da construção civil está aquecido, e conforme o Sinduscon (2008), as grandes construtoras brasileiras apostam na industrialização de seus processos de produção. Esta ideia tem como objetivo transformar os canteiros de obras em linhas de montagem, adotando modelos industriais de gestão e execução, trocando os métodos artesanais para garantir a rapidez e qualidade na execução das obras. Estes processos industriais são exemplos de diferenciais, já descritos por Santiago Jr. (2002) que indica que estes têm se tornado um fator de sobrevivência das grandes corporações, pois as grandes mudanças sofridas pelo setor nos últimos anos exigem um melhor e maior uso de toda a experiência e conhecimento adquiridos por cada uma delas. Neste trabalho busca-se uma análise de uma ferramenta que possa ser este diferencial entre as construtoras, indiferente do porte da empresa.

Sabe-se que a mensuração dos ganhos relacionados à utilização de modelos de planejamento é complexa, devido ao elevado número de variáveis que influenciam os fatores como custo, produtividade e segurança. Todavia, observa-se que o planejamento tem grande impacto no gerenciamento de empreendimentos, uma vez que desempenha funções essenciais como execução, controle, coordenação, previsão e simulação (LAUFER e TUCKER, 1987).

Ao longo deste trabalho será explanado com brevidade algumas ferramentas de ampla gestão e desenvolver um modelo específico de programação linear que contribua para aumentar a eficácia do processo de planejamento e controle da produção voltado para uma obra de construção civil a ser executada, melhorando e adequando os serviços necessários para cumprir os requisitos estipulados pelo cliente, minimizando custos, prazo e garantindo a qualidade. Para tal faz-se necessário diretrizes específicas de modo a viabilizar ao máximo os processos produtivos, tais como:

- Propor diretrizes otimizadas para o processo executivo;

- Propor diretrizes otimizadas para a disponibilização das informações relativas ao planejamento da produção e para adequação dos custos e prazos da forma mais eficaz e eficiente possível, obedecendo as devidas restrições cronológicas e financeiras;
- Identificar fatores críticos que contribuam para o êxito nas fases de planejamento e execução.

O uso da gestão aliada às ferramentas matemático-computacionais no processo de planejamento e controle da produção contribui para melhorar o desempenho do processo produtivo baseado nas técnicas e definição de Otimização de Processos utilizando metodologia de Programação Linear, tornando, com isso, mais eficaz o modelo de gestão e otimização do processo produtivo na construção civil.

Estará contemplado no presente trabalho uma segmentação ordenada no intuito de promover melhor entendimento do tema, onde constará:

- Aspectos teóricos e caracterização da engenharia civil como setor produtivo;
- Contexto da modelagem matemática no qual está inserida esta dissertação, a base computacional com programação linear e implantação no meio da construção civil;
- Estudo de caso propriamente dito, com suas variáveis a serem estudadas e sua interpretação econômica-produtiva;
- Conclusões do presente estudo apresentado.

2 A ENGENHARIA CIVIL: HISTÓRICO E SUAS TENDÊNCIAS

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL

O trabalho está presente na vida do homem desde a civilização. Inicialmente o trabalho era a forma de sobrevivência. Ao iniciar esta luta, o homem além da alimentação, buscava também proteção, tanto assim que desenvolveu utensílios e aprendeu devagar a transformar elementos da natureza para seu benefício próprio. Ao passar do tempo o ser humano passou a perceber a necessidade de proteção, que estava muitas vezes condicionada a obtenção de abrigo que podia ser construído com uso dos meios e elementos da natureza existentes a sua volta. Foi assim que surgiram as primeiras obras de engenharia, mesmo que ainda rudimentares feitas através da experimentação, e da evolução do conhecimento leigo, que o homem desenvolveu, transformando os recursos da natureza a seu favor de variadas formas

para diversos fins. Durante muitos anos de experiência e a conquista do conhecimento científico da matemática, física e química, o ser humano passou a conhecer as características dos materiais, as possibilidades do seu uso, as leis físicas e as equações necessárias da matemática. Com a aplicação dessas ciências surgiu a engenharia civil com o propósito de estudar e desenvolver técnicas e conhecimentos no sentido de atender as necessidades de habitação, saneamento, transportes, etc. No entanto para atender estas necessidades foram criadas empresas voltadas para execução de “obras de engenharia”. Estas empresas deram origem ao setor da Construção Civil, o qual será exposta a seguir.

2.2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo classificação do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a Construção Civil é um setor da indústria indutor natural do panorama econômico brasileiro. Para uma melhor visualização da importância deste setor na economia nacional basta observar a sua participação no PIB (Produto Interno Bruto) que era de 5,4% em 1970 e atingiu o nível de 10,26% em 1998 e subiu para 13,2% em 2001. Levando-se em consideração outros indicadores como, por exemplo, volume de produção, capital circulante, empregos gerados e utilidade do produto, esta importância fica ainda mais evidente, o que não impede que o setor enfrente inúmeros problemas. Ressalte-se o fato de as mudanças ocorrerem de forma lenta, o que deve tanto a fatores culturais, quanto a fatores tecnológicos e mercadológicos. Essa delicada situação também é agravada pela busca do resultado imediato em detrimento de uma consistente política de produção que vise resultados a médio e longo prazo, comprometendo assim os objetivos inicialmente estabelecidos e acabando por culminar na perda do estímulo inicial, no momento em que uma mudança em qualquer um dos seus níveis esteja sendo implantada. Outra característica marcante deste setor é o elevado percentual de desperdício - cerca de 30% -, registrado por meio de alguns indicadores disponíveis. Picchi (1993) destaca ainda os elevados níveis de patologias registradas nas edificações, além de uma produtividade de menos da metade praticada nos países desenvolvidos.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil, um setor conhecido como sendo atrasado em relação aos processos produtivos e técnicas de gestão que usa, e por ser grande gerador de desperdícios, precisou adaptar-se para assimilar e difundir as premissas da produção enxuta, mesmo considerando as características peculiares que possui, tais como:

- característica nômade;
- a estrutura de produção produz e logo após é transferida para outro local;
- é um setor muito resistente a mudanças, conservando métodos e processos antigos;
- na maior parte produtos únicos;
- a mão-de-obra usada no setor não encontra motivação para produzir com alta qualidade e produtividade;
- grande dificuldade para a produção em cadeia, pois a estrutura produtiva movimenta-se em torno do produto;
- elevados números de insumos, materiais e componentes;
- alto grau de rotatividade da mão de obra;
- dificuldade de padronização de procedimentos;
- o cliente deste setor geralmente adquire um único produto ao longo de sua vida;
- responsabilidade dispersa e pouco definida;
- existência de grande tolerância quanto à precisão de orçamento, dados de projetos, planejamento, tornando o sistema flexível demais.

Alves cita que a Construção Civil, apesar de ser um setor altamente absorvedor de mão de obra, conta com grande número de pequenas e médias empresas, muita dessas de frágil organização. A administração da produção é citada por Slack (1997) como sendo um campo da ciência que trata da maneira pela quais as organizações produzem tudo o que consumimos e menciona a figura dos gerentes de produção como sendo aqueles que organizam a produção. Nas obras os gerentes são, na maioria das vezes, os engenheiros, que devem estar preparados tanto tecnicamente quanto também com relação às formas de gestão mais adequadas para lidar com os diversos intervenientes da cadeia produtiva do setor. O complexo processo produtivo que envolve uma obra traz consigo inúmeros intervenientes, ao contrário da maioria das indústrias. Os principais intervenientes do processo construtivo, ressaltando

que esses intervenientes participam de muitos setores com diferentes funções, gerando grande número de interfaces, definidas pelo autor como zonas de vulnerabilidade para a qualidade. Tais intervenientes são: o promotor da obra, o projetista, os fabricantes de materiais, o construtor, o empreiteiro, a empresa de gerenciamento, o proprietário, os laboratórios, as organizações de controle, a segurança na construção, a forma de contratação, a formação dos profissionais, e outros.

O Projeto - Quando se pretende construir o processo inicia com a definição do produto. Para tanto é feita uma pesquisa e elaborado um projeto arquitetônico. O projeto arquitetônico constitui-se na “espinha dorsal” do projeto da edificação. Após a aprovação do produto, outros projetos complementares deverão ser desenvolvidos, bem como a descrição de todos os elementos constituintes da edificação através do memorial descritivo. Os projetos complementares geralmente contratados com profissionais diferentes, sendo desenvolvidos de forma individual, sem troca de informações. Tal fato gera, muitas vezes, incompatibilidades no momento da execução que força soluções alternativas decididas no canteiro de obras. Esta situação retrata uma condição comum nas obras de engenharia atualmente. Assim, um projeto mal concebido implicará em efeitos danosos sobre a totalidade da edificação, na execução, nos custos, na manutenção do edifício e, conseqüentemente, na sua vida útil.

Gestão - Segundo Howell (1999), a forma corrente de gerenciar a execução das obras de construção procura-se otimizar o projeto, atividade por atividade. Cada etapa do processo é tratada em separado. Após definir-se uma solução para cada parte, reúnem-se tudo em uma seqüência lógica definindo-se prazos e ordens. Estabelece-se quase sempre um “caminho crítico”, e o empreendimento passa a ser monitorado através do controle de muitos contratos individuais. O foco está nas atividades. Nesta forma de produção as pessoas estão habituadas a pensar que otimizando ações individuais se consegue a melhoria do todo. Tal formato lógico de gerenciar as obras tem origem no sistema tradicional de orçamento que divide o empreendimento em seus elementos constituintes e atribui os custos para cada um. A partir daí, eles são administrados individualmente, tendo um *input* determinado no orçamento e dessa forma acredita-se que o somatório das partes individuais integra o todo, ou seja, gerenciando cada parte individualmente gerencia-se o todo. Assim sendo, ocorre muito desperdício na produção sob esta ótica por este acontecer fora do foco de ação.

Execução - Os responsáveis pela execução atuam como espécie de bombeiros, sempre apagando incêndios. Essa é uma expressão comum usada para designar que os mesmos nunca estão envolvidos com planejamento, reprogramações, ou seja, gerenciando

efetivamente, mas estão quase sempre resolvendo imprevistos. Passam a agir como tocadores de obra, solucionando questões que têm sua origem, muitas vezes, na má qualidade dos projetos e planejamento. A introdução da informática e suas ferramentas nas obras ofereceram uma possibilidade de melhoria, no sentido de agilizar o fluxo de informações. A divulgação de sistemas de qualidade, introduzindo a lógica de padronizações, também apareceu como elemento que oportunizou melhorias no processo de execução das obras. A grande questão é que, em geral, tais instrumentos, ferramentas, conceitos e métodos não são aproveitados de fato pelos profissionais envolvidos na construção. Ressalta-se aqui a importância de mudança de crenças, valores e postura das pessoas chave nos processos produtivos.

Desperdício - Santos et al (2000, p. 8) observa que “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidade superiores àquelas necessárias à produção da edificação” são perdas. De uma forma ampla podemos averiguar a procedência das perdas a partir dos projetos. Não se tem aqui a intenção de apresentar números representativos das perdas, mas apenas de discutir o fato em si, sua ocorrência e ter ideia da ordem de grandeza, concebida de forma ampla e tida como dado presente na realidade do setor. Será pontuado na sequência o foco para otimização na linha produtiva.

3 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO NA CONTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO PROGRESSÃO LINEAR

3.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Programação linear (PL) é uma ferramenta da Pesquisa Operacional (PO) aplicada a solução de problemas que objetivam a otimização de um sistema em estudo. A otimização refere: (i) a maximização de parâmetros, tais como: lucro, vendas, uso efetivo de uma área, nível de produção e uso de um determinado recurso; ou (ii) a minimização de parâmetros, tais como: custos de produção, uso de um determinado recurso de alto valor monetário e emprego de mão-de-obra.

Os modelos de PL são implementados por meio da elaboração de sistemas lineares constituídos de: (i) um conjunto de equações e inequações que descrevem as restrições do sistema real em estudo; e (2) uma equação para descrever a função objetivo que expressa o

paramento a ser maximizado ou minimizado, conforme supracitado. Existem ferramentas que se fazem importante no desenvolvimento na arte da programação linear, como expostos no tópico a seguir.

3.2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

A utilização de programação linear é recomendada para problemas de maior porte, em que muitas variáveis e restrições devem ser consideradas. Por isso, o desenvolvimento de algoritmos computacionais eficientes e precisos tem sido a maior preocupação entre os pesquisadores. Programas adequados existem, virtualmente, para cada sistema computacional comercial desenvolvido nos últimos 30 anos. Problemas de grande porte requerem sistemas computacionais potentes e, portanto, sistemas paralelos têm sido utilizados nos últimos anos. Entretanto, problemas menores podem ser resolvidos em um computador pessoal utilizando um dos softwares desenvolvidos para resolução de problemas de programação linear, como por exemplo XPress-MP LINDO e MINOS. Para problemas considerados médios, é recomendável a utilização de planilhas eletrônicas com recursos para resolução de problemas. Exemplos destas ferramentas são o "*What's Best?*" (LINDO Systems) para Lotus 1-2-3, o Microsoft Excel e Borland Quattro e ainda o Solver para Microsoft Excel. Será explanado para o presente artigo o LINDO.

3.2.1 Uma introdução ao uso do LINDO

LINDO (*Linear Interactive and Discrete Optimizer*) foi desenvolvido por Linus Schrage (1986). Ele é um programa de computador que pode ser usado para resolver problemas de programação linear, inteira e quadrática.

O programa executável tem o nome LINDO.EXE, apesar de ele ser originalmente desenvolvido para o ambiente DOS, pode-se executá-lo pelo WINDOWS. O LINDO assume que todas as variáveis são não negativas, dispensando ingresso de tais restrições.

3.2.2 Sintaxe de um Modelo LINDO

Um modelo LINDO deverá conter os seguintes itens:

- Função objetivo (fo) que deverá iniciar com os comandos MAX para maximizar e MIN para minimizar e à frente deverá ser colocada a função objetivo.
- A declaração SUBJECT TO (sujeito a) que pode ser substituído por st ou s.t. e logo após serão declaradas as restrições do problema.
- Para finalizar deveremos declarar o comando END.

3.2.3 Comandos do LINDO

São os seguintes os comandos do LINDO:

- MAX – entrada inicial para o problema de maximização;
- MIN – entrada inicial para o problema de minimização;
- END – finalização da formulação, deixando o LINDO pronto para aceitar outros comandos;
- GO – resolve a formulação corrente e apresenta a solução;
- LOOK – mostra seleção estabelecida da atual formulação;
- ALTER – altera um elemento da formulação corrente;
- EXT – soma uma ou mais restrições ao modelo;
- DEL – retira uma ou mais restrições do modelo;
- DIVERT – saída para um arquivo, de tal forma que possa ser impresso;
- RVRT – finaliza o comando DIVERT;
- SAVE – salva uma formulação, de tal forma que possa ser recuperada para uso futuro;
- RETRIEVE – recupera um arquivo anteriormente salvo;
- EDIT – chama o editor do programa;
- SOLU – mostra a solução da formulação (usar o comando GO antes do SOLU);
- TABLEAU – mostra a tabela da formulação pelo simplex;
- TAKE – habilita o LINDO a trabalhar com arquivos gerados por outros editores.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO:

Com o objetivo maior de liberação de receita para etapas seguintes da Linha Sul do Metrô de Fortaleza, temos que garantir através de um estudo preciso que o avanço físico do empreendimento seja o maior possível e não menor que 18%.

Para que haja a liberação fora adotado alguns critérios e restrições a fim de garantir o repasse financeiro.

A obra apresenta segmentos diferenciados, ou seja, trecho de vias e estações em superfície, trecho de vias e estações em subterrâneo, bem como obras de artes como viadutos de travessias sobre a faixa de domínio da obra.

Com isso, devemos estabelecer a quantidade de cada serviço para garantir maior avanço físico.

Critérios adotados:

Verba em caixa: R\$ 80.000.000,00;

Com a verba existente no caixa, o empreendimento deverá atingir um avanço mínimo de 18%;

Prazo estabelecido: 240 dias;

Temos abaixo os dados subsistentes para compor os avanços e tempos necessários retirados das planilhas do relatório de progresso do empreendimento:

Tabela 01: CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS DO ESTUDO

A Realizar	Descrição	Avanço Unitário	Avanço Total	Preço Unitário	Preço Total	Tempo Unitário	Tempo Geral
8,5 km	(A) Vias em Superfície	0,80%	6,80%	R\$ 2.500.000,00	R\$ 21.250.000,00	8 dias/km	68 dias
1,5 km	(B) Vias em Subterrâneo	3,50%	5,25%	R\$ 7.500.000,00	R\$ 11.250.000,00	25 dias/km	37,5 dias
500 m²	(C) Estações Superfície	0,00%	1,50%	R\$ 50.000,00	R\$ 25.000.000,00	0,01 dias/m²	5 dias
250 m²	(D) Estações Subterrâneo	0,01%	2,25%	R\$ 150.000,00	R\$ 37.500.000,00	0,03 dias/m²	7,5 dias
4 und	(E) Obras de Arte Especiais	2,00%	8,00%	R\$ 4.000.000,00	R\$ 16.000.000,00	45,5 dias/und	182 dias
FONTE: RELATÓRIO MENSAL DE PROGRESSO DA GERENCIADORA					R\$ 111.000.000,00		300 dias

Solução do Estudo de Caso:

Para composição do estudo e adequação ideal temos que garantir o maior avanço físico possível.

O tempo disponível e a receita são insuficientes para execução do restante geral, portanto, devemos priorizar e sequenciar os projetos que garantam maior desenvolvimento dos índices de avanço do empreendimento.

4.1.1 Decisão a tomar no problema:

Construir um modelo de Programação Linear que permita maximização do índice de avanço respeitando as restrições de tempo e verba designados.

4.1.2 Definição das variáveis de decisão:

- A – quantidade ideal de vias em superfície;
- B – quantidade ideal de vias em subterrâneo;
- C – quantidade ideal de vias em estações em superfície;
- D – quantidade ideal de vias em estações subterrâneas;
- E – quantidade ideal de obras de artes especiais.

4.1.3 Restrições das Variáveis:

- Valor Máximo disponível:
Temos que para realizar o restante da obra seria necessário R\$ 111.000.000,00. Dos quais se tem apenas R\$ 80.000.000,00.
- Tempo Disponível:
Temos que para realizar o restante da obra seria necessários 300 dias. Dos quais se tem apenas 240 dias.
- Quantidade Máxima:
Como as quantidades são limitadas e finitas temos que o valor referente as mesmas deve respeitar o valor topo para conclusão da obra, ou seja:
 $A \leq 8,5$; $B \leq 1,5$; $C \leq 500$; $D \leq 250$; $E \leq 4$
- Não-negatividade:
Por tratar-se de um problema de programação linear inteira, serão considerados admissíveis valores positivos para as variáveis deste problema:
 $A, B, C, D, E \geq 0$
- Inteiro:
Considera-se a quantidade de Obras de Artes Especiais (E) um número inteiro.

4.1.4 Função Objetivo:

Maximização do índice de avanço físico. Ou seja, multiplicando os avanços unitários de cada serviço pelas respectivas quantidades ideais a serem encontradas antes já nominadas por letras (A, B, C, D e E). Temos:

$$\text{MAX } 0,8A + 3,5B + 0,003C + 0,009D + 2E$$

4.1.5 Utilizando o LINDO:

Utilizando as bases de identificação das variáveis, restrições e função objetiva do problema, temos a elaboração no formato utilizado pelo LINDO.

```

!ESTUDO DE CASO
MAX 0.8A + 3.5B + 0.003C + 0.009D + 2E
ST
CUSTO) 2500000A + 7500000B + 50000C + 150000D + 4000000E <= 80000000
TEMPO) 8A + 25B + 0.01C + 0.03D + 45E <= 240
      A <= 8,5
      B <= 1,5
      C <= 500
      D <= 250
      E <= 4
END
GIN E

```

Rodando o algoritmo temos:

OBJECTIVE FUNCTION VALUE: 19.39

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A	7.286667	0.000000
B	1.500000	0.000000
C	20.666667	0.000000
D	250.000000	0.000000
E	3.000000	2.070667

4.2 APRESENTANDO OS RESULTADOS:

Após 4 iterações o programa retornou um valor máximo de 19,39%, o qual representa um valor máximo possível de meta, acima dos 18 % estipulado como mínimo a ser desenvolvido no empreendimento.

Os números otimizados para as quantidades são respectivamente:

A – quantidade ideal de vias em superfície: 7,287 km

B – quantidade ideal de vias em subterrâneo: 1,5 km

C – quantidade ideal de estações em superfície: 20,667 m²

D – quantidade ideal de estações subterrâneas: 250,00m²

E – quantidade ideal de obras de artes especiais: 3,00 und.

TABELA 02 - Demonstração dos dados otimizados obtidos.

OTIMIZAÇÃO				
PRODUÇÃO IDEAL	UNID.	valor	PRAZO	AVANÇO FÍSICO
7,286666667	km	R\$ 18.216.666,60	58,29333	5,83%
1,5	km	R\$ 11.250.000,00	37,5	5,25%
20,666666667	m ²	R\$ 1.033.333,30	0,206667	0,06%
250	m ²	R\$ 37.500.000,00	7,5	2,25%
3	und	R\$ 12.000.000,00	136,5	6,00%
		R\$ 79.999.999,90	240	19,39%

Perante as quantidades designadas acima, temos um valor total de R\$ 79.999.999,90, ou seja, atendendo a premissa de valor definido como restrição. Analogamente, foi respeitado o teto de prazo estabelecido em 240 dias.

Posto os dados, temos que a meta para garantia do financiamento será devidamente aportada frente a um cronograma executivo o qual contemple as quantidades de produção pontuadas acima.

5 CONCLUSÕES

Assim, observa-se o grande potencial de uso dos métodos apresentados aqui como instrumentos de suporte no gerenciamento de projetos e na minimização dos erros, cada um deles conservando suas peculiaridades.

A programação linear apresenta diversas vantagens. Permite, por exemplo, a construção de modelos flexíveis que levam em consideração características específicas de um dado projeto.

Algumas das desvantagens incluem a necessidade de know-how para a construção dos modelos e conhecimento de técnicas de programação matemática assim como dos softwares utilizados para a implementação dos modelos.

Em linhas gerais, admite-se que a gestão de projetos está principalmente direcionada à solução de problemas produtivos concernentes a situações inovadoras, isto é, encontradas em organizações cujas tarefas possuem elevado conteúdo de inovação e variáveis. De acordo com Casarotto Filho (2002), a administração da produção pode consideravelmente auxiliar as organizações que buscam posicionar-se melhor no mercado, proporcionando maior impulso às vantagens competitivas que ao longo do tempo a empresa deverá desenvolver: a saber, custo, qualidade, velocidade (tempo), confiabilidade, flexibilidade e inovações, em ordem crescente de importância quanto ao aspecto da dificuldade de gestão de sistema complexos (LIMA, 2002). Constata-se ainda a relevância do trade-off entre custos de compressão de projetos e prazo. Assim, as técnicas de programação linear exibidas neste trabalho se constituem numa ferramenta essencial para a obtenção de referências extremamente úteis às atividades de planejamento, programação e controle de sistemas produtivos.

Dos vários argumentos e técnicas apresentados, todos estão em crescente aparição e implantação nas empresas nacionais, antes voltados mais para as áreas de tecnologia da informação e atualmente nas áreas de engenharia.

Finalizando, temos a validação da hipótese inicial, estando assim comprovado que os métodos aqui demonstrados equivalem ao seguimento da eficiência e da eficácia, atingindo ao máximo desempenho para mensuração das metas e objetivos do projeto em estudo.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudos de casos. Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2000. Dissertação de mestrado.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção - **Economia brasileira cresceu 5,4% em 2007**.

Picchi FA, Agopyan V. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993;

HOWELL,G. **What is Lean Construction** – 1999. In: Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA. p. 1-10.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics, London, n. 5, p. 243 - 266, 1987.

SANTIAGO, José Renato Sátiro Júnior. **O desenvolvimento de uma metodologia para a gestão do conhecimento em uma empresa de construção civil**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002, 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).

SANTOS, Aguinaldo. et al. **Método de Intervenção para redução de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE /RS, 1996.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

VARGAS, Ricardo. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 8ª Ed. Rio de Janeiro. Brasport, 2019.