

Análise da produtividade da atividade de aterro no serviço de terraplenagem

George Nunes Soares (Universidade Federal do Ceará) georgesoaaresthe@gmail.com

Luís Felipe Cândido (Universidade Federal do Ceará) Luisf_civil@yahoo.com.br

Resumo:

A produtividade é uma ferramenta importante no processo de tomada de decisão. Muitos gestores não mensuram a produtividade de sua obra e com isso não tem o controle da execução dos seus serviços, logo do planejamento do empreendimento. Esse trabalho consiste em um estudo de caso descritivo no qual se avaliou a atividade de aterro dentro do serviço de terraplenagem. A obra reside na cidade de Teresina-PI, onde se avaliou a produtividade de três combinações diferentes de maquinário. O qual se chamou de grupo 1, 2 e 3. Avaliou-se os impactos dessas mudanças nos números de produtividade e auxiliou-se os gestores nas suas tomadas de decisões.

Palavras chave: Produtividade, tomada de decisão, Aterro.

Productivity analysis of activity in embankment grading service

Abstract

Productivity is an important tool in the decision making process. Many managers do not measure the productivity of your work and it does not control the performance of its services, then the planning of the project. This work is a descriptive case study which evaluated the activity within the embankment grading service. The work resides in the city of Teresina-PI, which evaluated the productivity of three different combinations of machinery. Which is called group 1, 2 and 3 evaluated the impacts of these changes on productivity figures and helped himself managers in their decision making.

Key-words: Productivity, decision making, embankment.

1 Introdução

Métodos quantitativos para a análise das operações de construção melhoram as tomadas de decisões resultando em ganhos de produtividade, eficiência e uma melhor precisão para a estimativa de custos Tavakoli (1985).

Dentro da construção civil temos os serviços de terraplenagem, que junto a pavimentação, em uma obra rodoviária, têm os maiores valores nas composições de custo total desse tipo de obra Lima (2003).

A compactação surgiu como forma de melhorar as propriedades do solo e ao longo do século XX e na atualidade, com o aumento do tráfego e das cargas, é um dos principais fatores que influenciam no bom desempenho de uma estrada RIBEIRO (2008).

Por localizar-se no mundo dos negócios a indústria da construção é um ambiente altamente competitivo e para sua sobrevivência a empresa terá de melhorar o seu desempenho de produtividade (PARK; THOMAS; TUCKER, 2005). Esta melhoria em curto prazo pode aliviar

a escassez da mão de obra, já em longo prazo eleva a qualidade do trabalho e do produto em si (LIOU; BORCHERDING, 1986).

A produtividade sofre influencia de diversos fatores e a compra de equipamentos inovadores e materiais de alta qualidade não são suficientes para garanti-la. Para isso é necessário a utilização de indicadores para sua mensuração e posterior avaliação. A utilização desses números contribui para um controle com maior precisão, quando comparados a formas de avaliações pouco precisas comumente utilizadas (LIBRAIS, 2001).

A medição de desempenho de uma empresa é fundamental para obtenção e manutenção da qualidade, pois fornece aos gerentes informações essenciais para as tomadas de decisões e desenvolvimento de ações para melhoria da qualidade e produtividade da empresa (BOGADO, 1998).

Esse artigo tem como objetivo principal avaliar a produtividade da atividade de aterro, pertencente ao serviço de terraplanagem que na obra antecedeu uma posterior pavimentação. Os objetivos secundários são a contribuição para um banco de dados do serviço citado, incentivo para que novos estudos com o mesmo método sejam feitos e sirva de auxílio planejamentos futuros. O trabalho é dado por um estudo de caso descritivo em uma empresa de urbanismo de alto padrão.

2 Referencial teórico

2.1 Serviço de terraplenagem

O serviço de terraplenagem é baseado no projeto geométrico para execução de estradas e pavimentos. Esse projeto é desenvolvido aproveitando ao máximo a rodovia existente, se houver, e deve conter todos os elementos quantitativos, qualitativos e técnicos nos níveis de detalhamento ideal para sua aplicação (TEIXEIRA, 2010).

Segundo o mesmo autor uma obra de construção de uma pavimentação se subdivide em 4 grupos:

- a) Implantação Básica;
- b) Obras de arte especiais;
- c) Túneis;
- d) Superestrutura.

Onde a terraplenagem encontra-se dentro da Implantação básica e é constituída pelas etapas de escavação, carga, transporte, descarga e compactação.

2.2 Compactação de Aterro

O inicio da técnica de compactação é dada a Proctor que em 1933 publicou observações sobre a compactação de aterros, mostrando que aplicando certa energia de compactação a massa específica resultante é em função da umidade em que o solo estiver (Pinto, 2006).

A compactação é empregada em diversas obras de engenharia como a construção de pavimentos. O tipo de obra e solo vai indicar o método de compactação a ser usada, a umidade que o solo deve se encontrar e a densidade a ser atingida. A obtenção dessa compactação pode se dar por um certo número de passadas de um equipamento de campo ou um certo números de golpes de um soquete sobre um solo (PINTO, 2006).

Segundo Zica (2010) após a realização da compactação de um solo sob diferentes umidades e para uma determinada energia de compactação, obtêm-se um gráfico que mostra a relação entre o peso aparente seco com a umidade do material. A representação desse gráfico encontra-se na Figura 1.

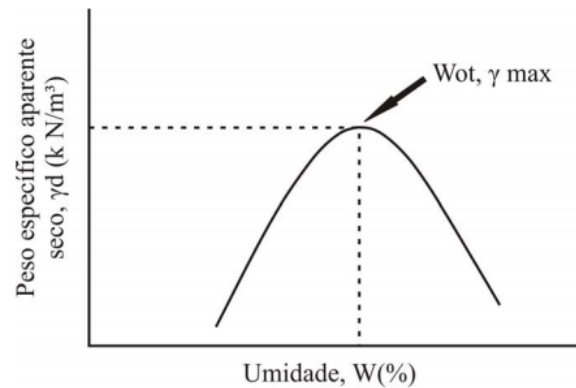


Figura 1 Curva de densidade máxima

Na atividade de compactação, assim como na de corte, o material tem seu volume modificado, por causa do arranjo espacial das partículas de solo. Esse fator de empolamento varia de acordo com o tipo de solo. O solo na forma em que se encontra na natureza tem o seu arranjo natural de compactação, ao ser escavado o arranjo de suas partículas se modifica criando mais espaços vazios e modificando seu volume. Com a adição de espaços vazios o seu volume tende a aumentar. Ao realizarmos a compactação por um método mecanizado essas partículas rearranjam-se do modo máximo, onde não existirão espaços vazios entre elas. Sendo assim o seu volume compactado torna-se menor que o volume encontrado em sua forma natural.

2.3 Produtividade

A mensuração de indicadores de produtividade precisa ser padronizada para evitar dúvidas em relação à sua obtenção, fato alertado por (SOUZA, 2000).

Segundo Park et al. (2005) existem duas formas de medição da produtividade que podem ser considerados nos estudos da indústria, pelo método input/output: produtividade = saídas/entradas e produtividade = entradas/saídas. Esse trabalho adota o conceito de produtividade como a relação entre entradas/ saídas, sendo, no caso da mão de obra, o indicador definido como Razão Unitária de Produção (RUP).

Segundo Souza (2000) a forma mais direta de se medir a produtividade é com a quantificação da mão de obra necessária para se produzir uma unidade de saída em estudo. O indicador utilizado é denominado Razão Unitária de Produção (RUP), que relaciona entradas e saídas e é expresso em homens-hora despendidos por quantidade de serviço executado.

$$RUP = \frac{\text{Homem . Hora}}{\text{Quantidade de serviço}}$$

Ainda segundo o autor a RUP pode variar dependendo dos operários considerados. No caso do nosso estudo, para a mensuração, substituiu-se o homem pelo maquinário que executava o fechamento da atividade, pois esse equipamento irá refletir o término da atividade de compactação de aterro.

A RUP é subdividida em três tipos Rupd (Rup diária), Rupcum (Rup cumulativa) e Ruppot (Rup potencial). A Rupd é a medição da produtividade em cada dia útil de trabalho. A RUpcum representa a medição de um período acumulado de tempo, do primeiro dia de estudo até a sua data de avaliação. Por último a Ruppot é o valor mediano de todos os números de Rupd que estiverem abaixo da Rupcum (SOUZA, 2001).

A partir do referencial de mensuração acima será avaliado a produtividade desse estudo e por conseguinte realizado as análises e discussões.

3 Metodologia

O método adotado para o estudo foi um estudo de caso descritivo. Portanto ele se dá com levantamentos e análise dos dados de produtividade de uma empresa de construção civil.

Segundo Yin (2010) o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto, principalmente quando os limites entre o fenômeno e suas variáveis influenciadoras não são claramente evidentes.

O estudo tem início com uma revisão bibliográfica, seguido do planejamento para desenvolvimento do serviço e coleta das produtividades. Em seguida os números gerados eram analisados e passados a gerência, que planejava as soluções para sempre obter a melhoria contínua. A Figura 2 ilustra as etapas da metodologia adotada.



Figura 2 Escopo da metodologia

4 Estudo de caso

4.1 Variáveis presentes no serviço

O estudo foi realizado em uma obra de infraestrutura na cidade de Teresina-PI e por questão de respeito a empresa seu nome não será citado. A obra é um loteamento, de alto padrão, com a empresa executando toda a sua infraestrutura.

O projeto prevê uma quantidade total de aterro de 173.594,83 m³, sendo executada por quantidades variáveis de equipamentos a medida que o planejamento estava sendo atingido ou não. Outro fator que alterou a quantidade de máquinas foi a quebra dos equipamentos que por esse motivo poderia ficar dias parado. A empresa presa pelo prazo e qualidade do serviço ficando em terceiro lugar o custo, já que a sua marca e a qualidade do seu produto são os mais importantes.

O terreno é de material sedimentar com uma altitude média de 100 metros e o tipo de material encontrado no solo é classificado de 1ª categoria segundo o DNER-ES 280/97. Os ensaios de compactação mostraram uma porcentagem de compactação na faixa de 95 % devido ao bom material encontrado na região.

O desenvolvimento da obra pesquisada não ocorreu no período chuvoso da região, portanto esse fator não afetou os valores medidos. Tratando-se dos equipamentos eram máquinas de última geração, os operários tinham grande experiência e habilidade nas operações.

Após a descrição das condições de contorno do serviço será detalhado o modo de coleta e os valores obtidos.

4.2 Descrição do modo de coleta

O período de execução da atividade era de 7:00 as 11:40 da manhã e de 13:00 as 17:00 horas, no período da tarde. Sendo esse o horário durante todos os dias da semana.

As máquinas que compunham a atividade eram caçambas, carros-pipas, rolos compactadores pé de carneiro, tratores-arados e as motoniveladoras. As Figuras 3,4,5 e 6 as mostram em obra.



Figura 3 Motoniveladora



Figura 4 Trator Arado



Figura 5 Rolo pé de carneiro



Figura 6 Caçamba

A produtividade diária era coletada em campo por um operário, que ficava com a única função de contar a quantidade de carradas de material despejadas, para que o cálculo do volume fosse realizado. Esse controle era feito através de um recibo que cada operador de caçamba recebia e outro ficava com o contador, sendo o papel assinado por esse funcionário. O motivo era o controle da produtividade da obra e de cada caçamba, uma forma de controle das operações. Ao final do dia esses operários passavam esses recibos ao encarregado da operação, que fazia a contabilidade das carradas. Com as caçambas carregando a mesma quantidade de material sendo elas com a mesma capacidade, calculado em 13 m³, ao fim dessa contabilidade tinha-se a produtividade diária.

Depois da contagem dos dados esses números eram repassados aos pesquisadores para um processamento mais conciso e de fácil visualização e posterior análise dos números. Após essa análise os resultados eram transmitidos ao gestor, a quem cabia o poder da tomada de decisão.

4.3 Dados obtidos

Fez-se o agrupamento dos dados de produtividade por quantidades de equipamento, ou seja, agruparam-se os dados de acordo com a quantidade de cada máquina executando a atividade. Isso para que se tente avaliar o peso de cada equipamento na atividade, tentar mostrar porque determinado grupo teve uma produtividade melhor que o outro, e achar a melhor configuração do maquinário para atividade.

Os grupos são representados na Figura 7:

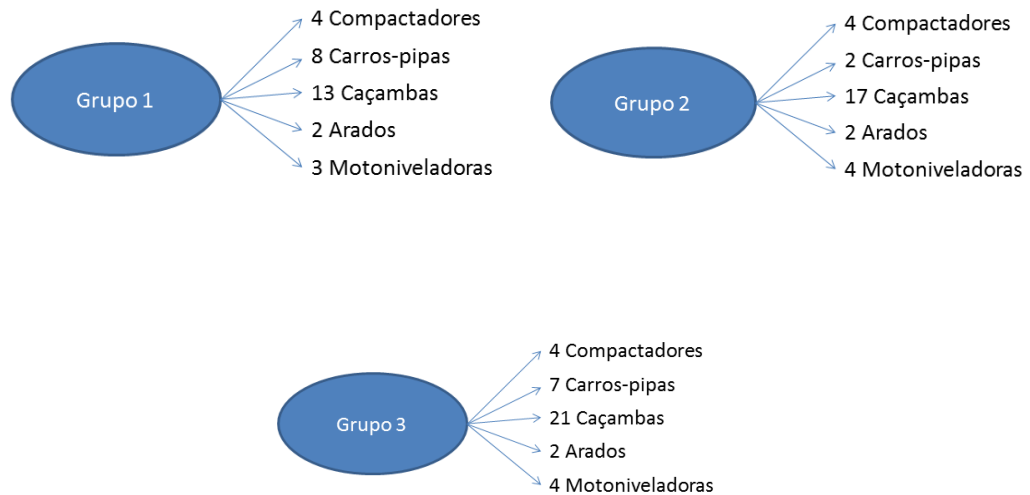


Figura 7 Grupos das máquinas

As produtividades foram calculadas segundo o modo input/output. Sendo que o número de homens terá como dado de entrada a quantidade de rolos compactadores. Isso porque essa máquina que determina o fechamento da atividade de compactação de aterro. De acordo com o método de Souza (2001) calculou-se as RUP's diária, cumulativa e potencial, sendo nestes dois últimos os nossos elementos mais concisos para discussão.

Como já citado, que a quantidade de máquinas era modificado de acordo com a necessidade de cumprimento do planejamento, o grupo 1 representa o estágio inicial da obra, o grupo 2 e os estágios subsequentes, sendo que o grupo 3 aconteceu no mês de dezembro até a data do feriado natalino.

Os resultados obtidos com o processamento dos pesquisadores são mostrados de forma separada e por grupo nos Gráficos 1,2 e 3. Sendo representado os números equivalentes a RUPcum e RUPpot.

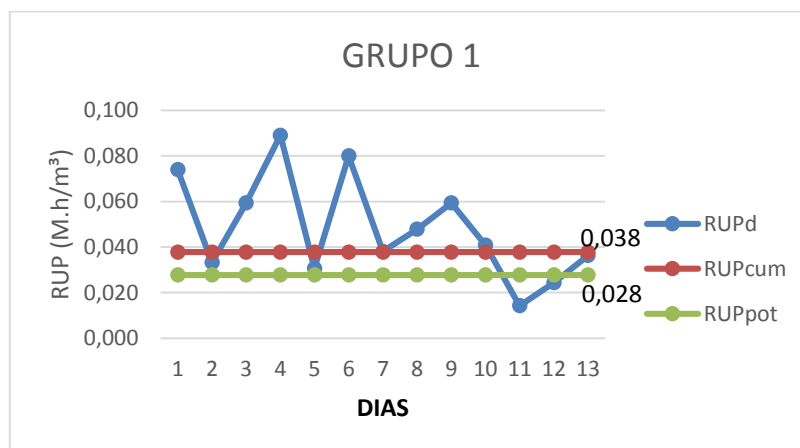


Gráfico 1 Produtividade do grupo 1

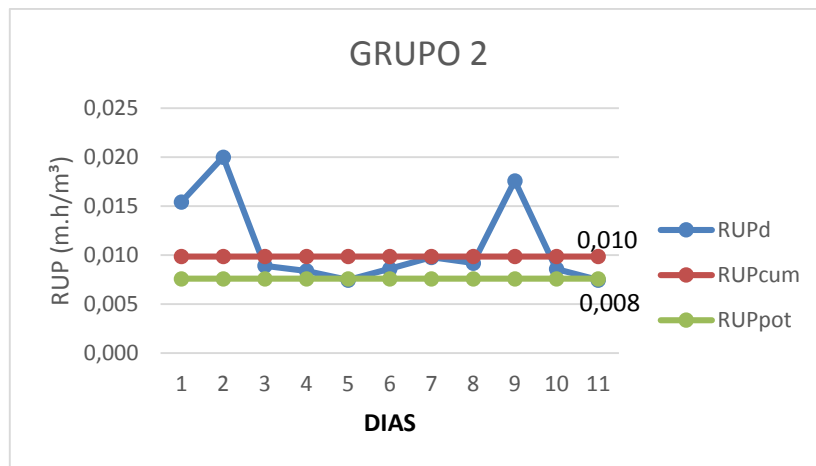


Gráfico 2 Produtividade do grupo 2

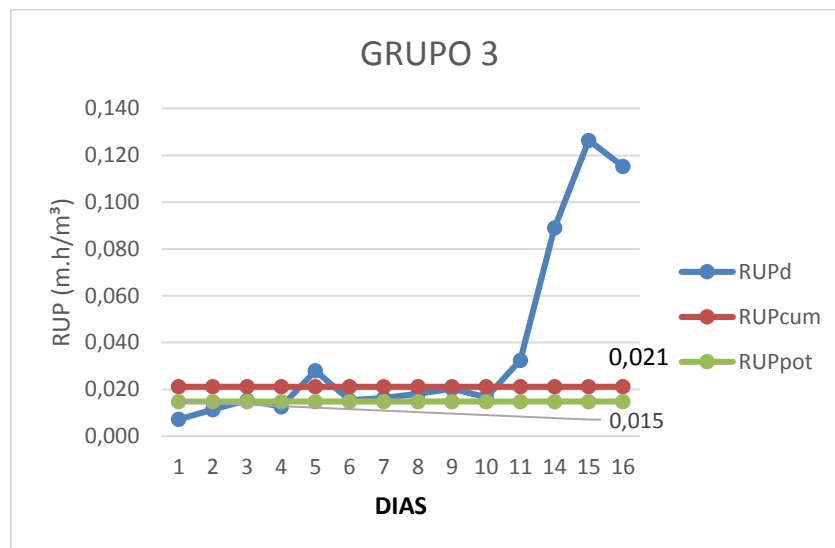


Gráfico 3 Produtividade do grupo 3

4.4 Análise dos dados

O grupo 1 representa o início da atividade de compactação. Por esse motivo não se pode desprezar os impactos que ele inicialmente possui, quando comparado aos demais grupos, referente ao efeito aprendido. O início da atividade é algo novo no qual a equipe não tem domínio dos fatores intervenientes na execução, por isso os seus valores de produtividade tendem a ser inicialmente maiores do que no restante do tempo da atividade.

O gráfico 1 mostra nos seus 7 primeiros dias uma oscilação alta e diferente dos outros gráficos referente ao efeito aprendido da atividade. As outras oscilações nesse e nos outros gráficos referem-se a fatores como proximidade de feriados, quebras de máquinas ou locais de execução que mereciam maior atenção por sua fragilidade.

Outro fator que causou impacto nos números de produtividade foi a antecedência do feriado natalino, mostrado nos últimos dias do gráfico 3, que representou uma alta significativa nos números de produtividade e uma queda no rendimento.

O gráfico 2 representa a melhor combinação do maquinário. Isso pode ser observado nos seus valores de RUP diária (Rupd) e por consequência nos seus valores de Rupcum e Ruppot. O valor que mostra o máximo desempenho da equipe nas condições ideais, Ruppot, é o menor quando comparado aos outros grupos. O que refletiu no valor da Rupcum que representa uma média geral do grupo na atividade, sendo seu valor o melhor encontrado no estudo.

Ao analisar a diferença entre os grupos 2 e 3 o diferencial foi o melhor dimensionamento de caçambas no grupo 2, pois não se perdeu tempo com esperas em relação a um número superdimensionado como no grupo 3. Por conseguinte avaliou-se a diferença entre os grupos 1 e 3, no entanto, tentou-se amenizar os impactos do efeito aprendido, para uma melhor comparação. Para isso fez-se uma análise desconsiderando os seis primeiros dias, com isso chegou-se a uma Rupcum de 0,33 m.h/m³ e uma Ruppot de 0,019 m.h/m³. Os números refletem uma diminuição da diferença entre os dois grupos, entretanto a produtividade do grupo 3 permanece maior. O motivo percebido para esse melhora da produtividade é o número de motoniveladora a mais, o que impactou na agilidade de execução da atividade.

O número de carro-pipa não mostrou um impacto muito significativo, tanto na percepção de campo como na percepção da análise, isso foi compreendido pelo rápido tempo de execução de sua atividade, o que não refletiu em perdas e nem em ganhos significativos.

5 Conclusão

Como análise geral do estudo notou-se a importância da coleta e processamento das produtividades para o andamento da obra. Com as análises feitas permitiu-se que a obra identificasse a sua porcentagem concluída e o que deveria ser feito para o comprimento do planejamento, e entrega da obra no prazo, ou até mesmo antes dele.

Para o gestor essa contribuição foi clara, concisa e com fundamental importância para as suas tomadas de decisão.

Com o estudo identificou-se o impacto de algumas máquinas na atividade e permitiu ao processo se dá em uma melhoria contínua, pela informação de que estava de forma ágil e eficiente, ou não.

Além da importância da tomada de decisão o estudo mostra números de Rupd, Rupcum e Ruppot em uma determinada configuração de solo, clima e arranjo de máquinas que contribui para um banco de dados para planejamento de uma obra em condições similares.

Sugere-se para trabalhos futuros a replicação dessa metodologia para um banco de dados mais robusto. Além disso, pode-se verificar o impacto real de cada equipamento no serviço e em um estudo mais complexo, somado a isso, verificar qual a composição de máquinas seria a ideal.

6 Referências

BOGADO, Jorge González Maya. **Aumento da produtividade e diminuição de desperdícios na construção civil: um estudo de caso - Paraguai**. 1998. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LIBRAIS, Carlus Fabricio. **Método prático para estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas.** 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMA, R. X. DE. **Logística Da Distribuição De Materiais Em Pavimentação Rodoviária,** 2003. Dissertação. Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará.

LIU, F.; BORCHERDING, J. D. Work Sampling Can Predict Unit Rate Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 112, n. 1, p. 90–103, 1986..

PARK, H., Thomas, S., & Tucker, R. **Benchmarking of construction productivity.** Journal of Construction Engineering and Management, 2005, p. 772–778.

PARK, H.; THOMAS, S.; TUCKER, R. Benchmarking of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 131, n. 7, p. 772–778, 2005.

PINTO, C. DE S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos (16 Aulas).** 3ª Edição ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

Pinto, Carlo de Souza. **Curso básico de macânica dos solos em 16 aulas/ 3ª Edição –** São Paulo : Oficina de textos

RIBEIRO, S. P. T. **Terraplenagem. Metodologia e Técnicas de Compactação,** Dissertação. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2008

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. IN: **ENTAC, 8º,** SALVADOR, 2000. ARTIGO TÉCNICO, 2000, Salvador, BA, 2000. v.1 p.421-428

TAVAKOLI, A. Productivity analysis of construction operations. **Journal of construction engineering and management,** v. I, p. 31–39, 1985.

_____. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos.** São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, André Henrique Campos. **Aplicação do georreferenciamento (coordenadas utm) em projetos geotécnicos e geométricos de rodovias.**2010. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

Yin, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos;** tradução Ana Thorell; revisão técnica Cláudio Damacena – 4. Ed. – Porto Alegre : Bookman, 2010