



## AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA EFICÁCIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE NO DESEMPENHO DE EMPREENDIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

### RESUMO

O efetivo desenvolvimento de planos adequados à realidade das obras torna-se uma questão crucial para o bom desempenho das empresas construtoras. A habilidade de antever possíveis barreiras à execução de um empreendimento capacita as empresas a trabalhar em ambientes incertos e solucionar eventuais problemas antes da realização das tarefas, protegendo, assim, a produção. Sistemas de medição são capazes de apoiar o planejamento, por meio de controle, solução de problemas, desenvolvimento de melhorias e motivação dos recursos humanos. Este trabalho foi realizado em uma empresa de Consultoria em planejamento que realiza a medição de desempenho de suas obras, gerando indicadores que facilitam o monitoramento e controle do planejamento. Tendo como objetivo avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle no desempenho de empreendimentos da Construção Civil. Foi realizada a avaliação de 33 planos elaborados por esta empresa. Tendo como foco principal dois indicadores: Desvio de prazo (DP) e Percentual de Planejamento Concluído (PPC). Por meio de análises estatísticas buscou-se encontrar correlações entre estes indicadores. Como resultado, determinou-se um modelo válido para previsão de DP.

Palavras-chave: Planejamento, indicadores, correlação

## 1 INTRODUÇÃO

O desempenho de uma empresa tende a ser melhorado por meio da implementação de sistemas de medição de desempenho realistas e alinhados com os objetivos e metas da empresa. A medição é parte integrante do sistema gerencial da empresa, constituindo um sistema de apoio para planejamento, solução de problemas, controle, desenvolvimento de melhorias e motivação dos recursos humanos (BARROS, 2005).

Este trabalho foi realizado em uma empresa de Consultoria em planejamento. Esta empresa realiza a medição de desempenho de suas obras em visitas e/ou reuniões quinzenais ou mensais, onde são feitos registros. Esses registros referem-se a indicadores que facilitam o monitoramento e controle do planejamento. Na gestão da produção na construção, existem diversos indicadores, entre eles: Avanço Físico Previsto e Real, Desvio de Prazo Previsto e Real, Percentual do Planejamento Concluído, Causas de não cumprimento (Execução, Projeto, Suprimento, Liberação, Planejamento, Absentismo, Chuva, Financeiro e Outros) e Índice de Remoção de restrição Previsto e Real.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da eficácia do planejamento e controle no desempenho de empreendimentos da Construção Civil. Por isso, os indicadores abordados neste artigo são: Desvio de Prazo Previsto e Real e o Percentual do Planejamento Concluído. Este objetivo foi traçado com o intuito de preencher uma lacuna de conhecimento que foi investigada por Bortolazza (2006) e Moura (2008). Nestes dois trabalhos as correlações encontradas foram fracas. Tendo em vista a disponibilidade de um banco de dados diferente buscou-se encontrar correlações mais conclusivas.

## 3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir de uma série de variáveis referentes ao processo de planejamento e controle de produção, fornecidas por uma empresa de consultoria e planejamento. Desta forma, contando com a existência de um banco de dados disponível para ser analisado, a estratégia de pesquisa utilizada foi análise de arquivos. Pois, segundo Yin (2001), a análise de arquivos é vantajosa quando se procura descrever a incidência ou predominância de um fenômeno através de análises estatísticas. Vale ressaltar, também, que para este estudo não é exigido controle sobre eventos comportamentais (como acontece em um experimento) e o foco é sobre acontecimentos passados. Essas são outras duas características da estratégia de análise de arquivos indicadas por Yin (2001). Análise de arquivo não é estratégia de pesquisa, e sim o meio.

O trabalho começou com o acompanhamento de reuniões de comprometimento dos planos. Após o entendimento do processo de planejamento e controle de produção da empresa de consultoria foi realizado um levantamento dos dados fornecidos pela empresa, tendo como objetivo a verificação da potencialidade dos mesmos para realização da pesquisa. Após esta verificação, os indicadores foram organizados em uma base de dados única. Então, os dados foram analisados através de técnicas estatísticas. Desta forma, chegou-se aos resultados.

### 3.1 DEFINIÇÃO DAS ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

A correlação avalia diretamente o grau de relacionamento entre duas variáveis (DOWNING; CLARK, 2005). Para o presente trabalho foi utilizada a correlação de Pearson. Este coeficiente quantifica a força de associação linear entre duas variáveis, descrevendo quão bem uma linha reta se ajusta através de nuvem de pontos. Se os pontos ficam localizados exatamente sobre uma linha crescente então  $r = 1$ , e se ficam localizados exatamente sobre uma linha decrescente,  $r = -1$ .

O papel principal dessa análise é estabelecer se os resultados obtidos têm significância estatística, de acordo com limites pré-estabelecidos. Para tanto, são definidas hipóteses que descrevem as relações esperadas entre pelo menos uma variável independente e uma variável dependente. Define-se uma hipótese alternativa ( $H_1$ ) que enuncia o que se pretende mostrar, esta deve ser uma proposta clara e

específica. Em seguida, define-se uma hipótese nula ( $H_0$ ) que é a negação da hipótese alternativa, por isso, via de regra, é esperado que esta seja rejeitada.

A se tomar uma decisão estatística, há possibilidade de se cometer dois tipos de erro: 1) Rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), quando ela é verdadeira; ou 2) aceitar a hipótese nula ( $H_0$ ), quando ela é falsa. No primeiro caso, diz-se que os valores encontrados "*são estatisticamente significativos*" e no segundo "*não são estatisticamente significativos*".

Para verificar a probabilidade de cometer o segundo erro (rejeitar  $H_0$  quando ela é verdadeira), utilize-se o "p-valor". Este valor é dado pelo software estatístico, assim é possível que o mesmo seja comparado com o nível de significância escolhido e então, é tomada a decisão. Se o p-valor for menor que o nível de significância escolhido rejeitamos  $H_0$ , caso contrário, não se pode acreditar que a relação observada entre as variáveis na amostra é um indicador confiável da relação entre as respectivas variáveis, sendo assim, aceitamos  $H_0$ . Neste trabalho o nível de significância adotado é de 5%.

Neste trabalho foi verificada a correlação de duas variáveis (DP e PPC). Após essa etapa partiu-se para a etapa de regressões.

### 3.1.1 REGRESSÃO LINEAR

A análise de regressão é uma técnica estatística que pode ser usada para descobrir a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes (HAIR et al., 2005). No caso de uma única variável independente é chamada de regressão simples e para mais de uma variável independente regressão múltipla (DOWNING; CLARK, 2005). Segundo Hair et al. (2005), o objetivo principal é poder, através das variáveis independentes, cujos valores são conhecidos, prever o valor da variável dependente em questão.

Com o resultado da regressão é atribuído peso para a variável independente, o qual significa a contribuição relativa da variável na predição da dependente (HAIR et al., 2005). O produto de uma regressão é a chamada equação de regressão ou reta de regressão, representada pela Equação 1, onde  $\beta_0$  é o intercepto e  $\beta_1$  o coeficiente de regressão.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 \quad (\text{Equação 1})$$

A avaliação da precisão dessa equação de regressão, segundo Hair et al. (2005) é feita por meio da soma de quadrados de erros e, por meio do método dos mínimos quadrados, é possível estimar os valores dos coeficientes de forma que a soma dos quadrados dos erros seja minimizada.

Segundo HAIR et al. (2005), o coeficiente de correlação ( $r$ ) descreve a relação entre duas variáveis, sendo um parâmetro importante na análise de regressão, pois ele avalia a precisão da previsão. Este mesmo autor afirma que para equações com mais de uma variável independente, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) representa o efeito combinado de toda variável estatística da previsão. O  $R^2$  representa a força da relação, ou seja, que porcentagem da variável dependente é explicada pelas independentes.

Após as análises, os resultados foram discutidos, com o intuito de responder corroborar a hipótese formulada. A hipótese formulada foi: A eficácia do planejamento impacta no desempenho do empreendimento em termo de prazo.

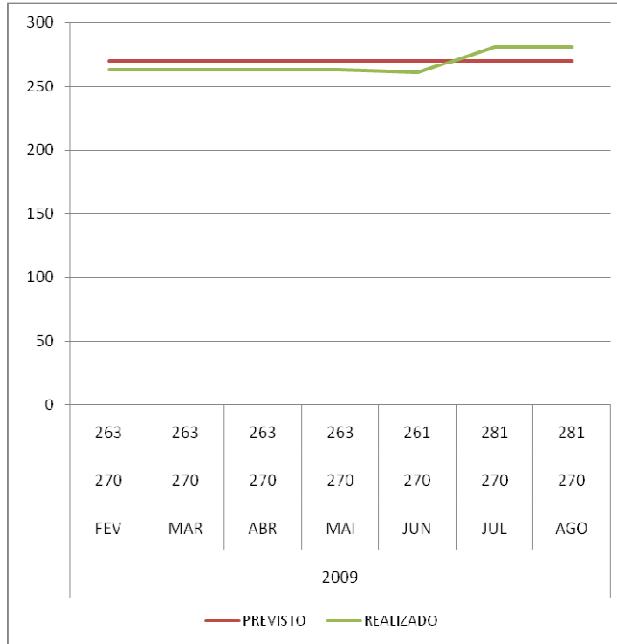
## 4 INDICADORES DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

### 4.1 DESVIO DE PRAZO

O objetivo deste indicador é verificar o andamento da obra em relação ao prazo inicial, está relacionado com o caminho crítico do empreendimento. Durante as reuniões de monitoramento e controle do planejamento, o cronograma sofre atualizações de atrasos e/ou adiantamentos, de início

e/ou término das atividades. Essas atualizações são registradas para que seja gerado um gráfico que facilita a avaliação visual do andamento da obra. Um exemplo deste gráfico é apresentado na

**Figura 1.**



**Figura 1: Desvio de Prazo (em dias)– Término Previsto x Término Realizado**

Como se pode observar nesta figura, esse indicador avalia o desempenho da obra finalizada, através da relação entre o prazo previsto e o prazo realizado.

O indicador de desvio de prazo representa na verdade o resultado da eficácia dos vários processos envolvidos na construção, sendo identificado como um importante critério competitivo (PIRES, 1995).

#### 4.1.1 TRANSFORMAÇÃO DE DP

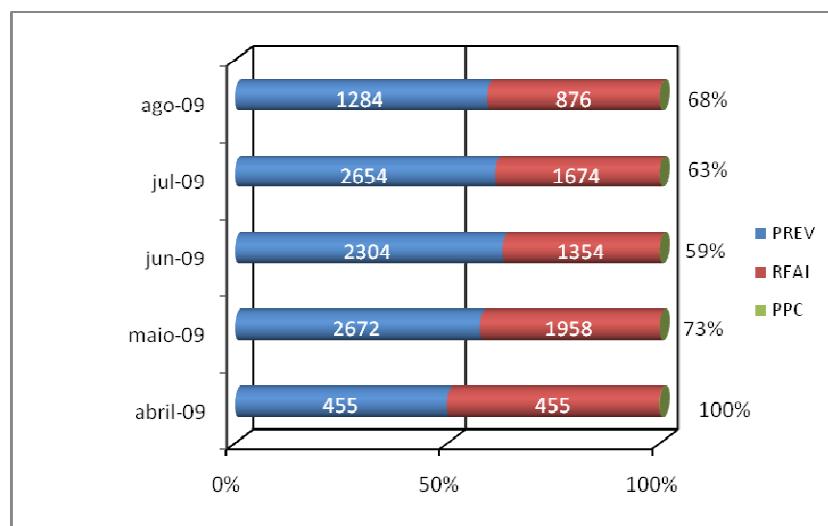
Como se pode observar DP possui dois registros (previsto e realizado) expressos em dias. Desta forma, para que as análises propostas por esse trabalho pudessem ser realizadas, foi necessário fazer uma transformação destas variáveis, de forma que fossem obtidas medidas de variações expressas em percentual, que facilitassem o monitoramento das diferenças entre o previsto e o realizado possibilitando que seja feito um acompanhamento periódico desses dados. Essa variação também é denominada de desvio padronizado. A variação dos prazos foi calculada através da fórmula (COSTA, 2005):

$$DP = \frac{(DP_{Real} - DP_{Previsto})}{DP_{Previsto}} \quad (\text{Equação 2})$$

Se o percentual da variação é positivo, significa que o empreendimento será concluído num prazo superior ao planejado. Se o valor for negativo, indica que o empreendimento será concluído num prazo inferior ao planejado. Valores iguais a zero indicam um desempenho igual ao planejado.

## 4.2 PERCENTUAL DE PLANEJAMENTO CONCLUÍDO

Para Ballard e Howell (1996), o PPC é a medida imediata do sistema *Last Planner®*, que indica a eficácia deste processo em atingir as metas de conclusão de atividades previstas. O PPC é o número de atividades planejadas completadas, dividido pelo número total de atividades planejadas, expressado em porcentagem, ou seja, quanto maior a qualidade do plano semanal, maior deverá ser o valor do PPC, reduzindo a imprevisibilidade e da variabilidade na produção, garantindo ao planejamento maior credibilidade. A coleta deste indicador é realizada ao final de cada período do planejamento de comprometimento, como se pode observar na **Figura 2**.



**Figura 2: Registros do PPC de uma obra**

Por meio do PPC, é possível identificar os trabalhos executados e aqueles que foram previstos e não foram concluídos, auxiliando na reprogramação do planejamento. Essa reprogramação gera o cálculo de uma nova data de conclusão da construção.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 ESTATÍSTICAS DESCRIPTIVAS DOS INDICADORES

Na **Tabela 1** são apresentadas as estatísticas descritivas dos indicadores de gestão da produção utilizados pela empresa de consultoria.

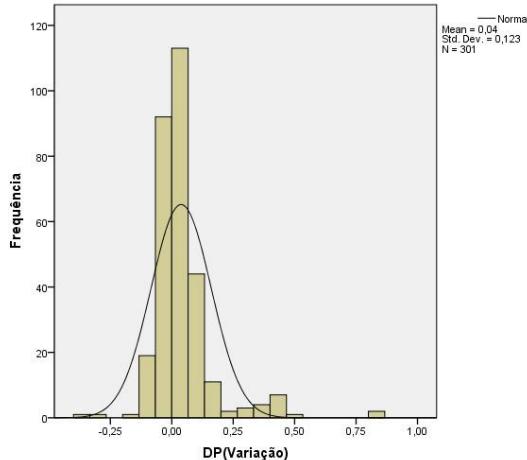
**Tabela 1: Estatísticas descritivas dos indicadores de gestão da produção**

Indicador	Quantidade de amostras	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio padrão
DP (Variação)	301,00	-0,34	0,81	0,04	0,12
PPC	224,00	0,00	1,00	0,64	0,23

A seguir esta tabela será explicada com mais detalhes.

#### 5.1.1 DESVIO DE PRAZO

No que diz respeito ao indicador Desvio de Prazo, foram encontrados registros de 80,7% das amostras, correspondentes a 301 casos. O **Gráfico 1** apresenta a distribuição de freqüências da variável DP.



**Gráfico 1: distribuição de freqüências de DP**

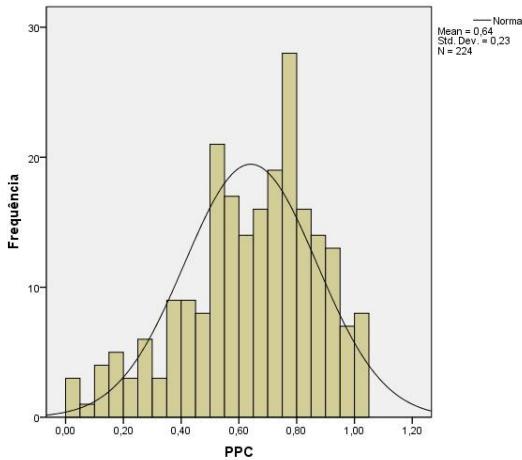
No indicador Desvio de Prazo, verificou-se valor mínimo de **-0,34** e máximo de **0,81**, obtendo-se uma média de **0,04** e desvio padrão de **0,123**. Assim, observou-se uma distribuição assimétrica positiva, como apresenta o **Gráfico 1**.

Sabe-se que o desvio de prazo sofre modificações de acordo com as atualizações do cronograma. Sendo assim, pode-se observar que **18%** das amostras tiveram desempenho **igual ao planejado**. Em **47%** dos casos estudados o indicador aponta que o empreendimento seria concluído num prazo **superior ao planejado**. Enquanto que em **35%** das amostras podem-se observar valores negativos, indicando que o empreendimento seria concluído num prazo inferior ao planejado.

Conforme citado anteriormente, PIRES (1995) afirma que o DP representa o resultado da eficácia dos vários processos envolvidos na construção. Desta forma, considerando a análise global dos casos, pode-se observar que na maioria das vezes os registros indicam que o empreendimento será concluído com atraso. Isso demonstra que a ineficácia de processos envolvidos na construção impacta no desempenho da obra, no que diz respeito ao prazo.

### 5.1.2 PERCENTUAL DE PLANOS CONCLUÍDOS

Para o indicador de Percentual de Planos Concluídos, foram encontrados registros de 60% das amostras, correspondentes a 224 registros.



**Gráfico 2: distribuição de freqüências de PPC.**

No indicador PPC, verificou-se como valor mínimo **0,00** e máximo de **1,00**, com uma média de **0,64** e desvio padrão de **0,23**. Em decorrência, apresentou uma forte distribuição assimétrica negativa, como verifica-se no **Gráfico 2**.

Sabe-se que quanto maior a qualidade do plano semanal, maior deverá ser o valor do PPC. Observou-se que em apenas 3,6% dos casos foi registrado o valor máximo de PPC

## 5.2 CORRELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES

Nesta análise buscou-se entender as relações do desvio de prazo com o percentual de planos concluídos a fim de testar se a eficácia do planejamento afeta o desempenho do mesmo. Tem-se DP como a variável dependente e o PPC e a variável independente. Para esse caso, o tamanho da amostra era de 210 casos em que havia registro de ambos os indicadores.

Desta forma, pretendeu-se testar esta hipótese através das seguintes equações:

$$DP = \beta_0 + \beta_1 \cdot PPC \quad (\text{Equação 3})$$

$$H_0 : \beta_1 = 0 \quad (\text{Equação 4})$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \quad (\text{Equação 5})$$

O objetivo era testar a hipótese nula ( $H_0$ ) a fim de comprová-la ou rejeitá-la. Inicialmente testou-se a correlação de Pearson entre PPC e DP. Conforme se pode observar na **Tabela 2** as variáveis estão fortemente correlacionadas, obtendo um valor  $p$  igual a zero, o que rejeita a hipótese nula  $H_0$ .

**Tabela 2:correlação de Pearson**

		PPC
DP(Variação)	Correlação de Pearson	-0,418
	Significância	0,000
	N	210

No **Gráfico 3** pode-se comprovar a existência dessa correlação linear.

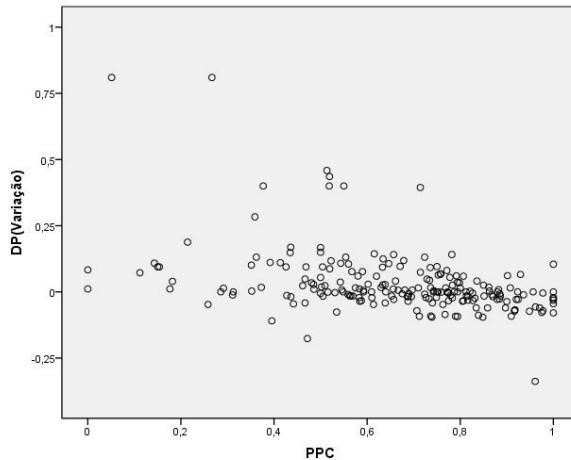


Gráfico 3: gráfico de dispersão PPC x DC

Para os dados utilizados o modelo de regressão é o apresentado a seguir.

Tabela 3: modelo de regressão PPC x DP para os dados estudados

Resumo do modelo					
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	Erro de estimativa padrão		
0,42	0,17	0,17	0,11		
ANOVA					
	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	0,55	1,00	0,55	43,94	0,00
Resíduo	2,60	208,00	0,01		
Total	3,15	209,00			
Coeficientes					
	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro padrão	Beta		
(Constante)	0,19	0,03		7,52	0,00
PPC	-0,24	0,04	-0,42	-6,63	0,00

O modelo de regressão PPC x DP não foi consistente uma vez que o teste de normalidade dos resíduos comprovou que estes não são normais. Dessa forma, buscou-se fazer uma transformação na variável dependente no intuito de achar um melhor ajuste. Foram testados logaritmo natural de DP, exponencial de DP, quadrado de DP e raiz quadrada de DP. Para todos os casos foram feitas regressões e testadas as normalidades de seus resíduos, apenas na transformação da variável para raiz quadrada de DP foram encontrados resíduos normalmente distribuídos (p-valor=0,063) e homogeneidade de variância.

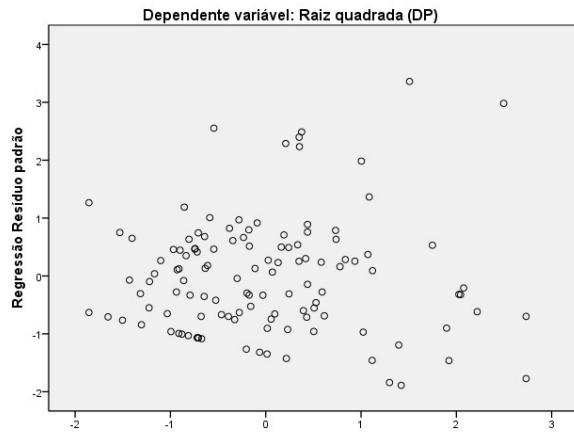


Gráfico 4: homogeneidade de variâncias PPC x  $\sqrt{DP}$

Para este caso, o modelo de regressão é o apresentado a seguir.

**Tabela 4: modelo de regressão PPC x  $\sqrt{DP}$  para os dados estudados**

Resumo do modelo					
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	Erro de estimativa padrão	ANOVA	
0,36	0,13	0,12	0,17		

	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Média quadrática	F	Sig.
Regressão	0,51	1,00	0,51	17,56	0,00
Resíduo	3,42	118,00	0,03		
Total	3,93	119,00			

	Coeficientes			t	Sig.
	Coeficientes não padronizados	Coeficientes padronizados	Beta		
	B	Erro padrão			
(Constante)	0,41	0,05		8,97	0,00
PPC	-0,30	0,07	-0,36	-4,19	0,00

No estudo de Moura (2008) não se corroborou a hipótese de que o prazo é afetado positivamente pela melhoria da eficácia do planejamento devido a não normalidade dos dados. Porém, nesta pesquisa o teste de normalidade dos resíduos comprovou que estes são normais. Sendo assim, conforme o modelo de regressão acima, o desvio de prazo poderia ser prevido através da seguinte equação:

$$\sqrt{DP} = 0,41 - 0,30PPC \quad (\text{Equação 6})$$

No entanto, apesar da correlação encontrada nos dados e um modelo válido para previsão de DP, a equação acima, não é uma equação muito satisfatória, uma vez que o coeficiente de determinação do modelo de regressão é extremamente baixo, em torno de 12%.

## 6 CONCLUSÕES

Neste trabalho investigou-se a influência do PPC no desempenho do empreendimento em termos de prazos. Esta relação já havia Sião estudada anteriormente, porém a não normalidade dos dados impedi maiores conclusões a respeito dessa relação. Para a presente pesquisa o teste de normalidade dos resíduos estatísticos comprovou que estes são normais. Sendo assim, foi possível determinar um modelo válido para previsão de DP. No entanto, apesar da correlação encontrada nos dados e um modelo válido para previsão de DP, a equação encontrada não é muito satisfatória, uma vez que o coeficiente de determinação do modelo de regressão é baixo, em torno de 12%. Isto significa que 12% das variações do DP são “explicadas” pelo PPC, ficando 88% sem explicação. Desta forma, pode-se afirmar que existem outros fatores ainda não testados que podem contribuir para a melhoria do desempenho do empreendimento.

## 7 REFERÊNCIAS

BALLARD, G.;HOWELL, G. 1996. **Shielding Production from Uncertainty: First Step in an Improvement Strategy.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT. Proceedings..., SANTIAGO : 1996.

BARROS, E.S. 2005. **Aplicação da Lean Construction no setor de edificações: um estudo multicaso.**( Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, Recife : 2005.

BORTOLAZZA, R. C. 2006. **Contribuições para a coleta e a análise de indicadores de planejamento e controle da produção na construção civil.** (Dissertação Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Porto Alegre : 2006.

COSTA, D.B. 2005. **Medição de desempenho para empresas de construção civil (Apostila).** **Comunidade da Construção.** UFRGS/NORIE, Goiânia : 2005.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística aplicada.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.Traduzido por: Alfredo Alves de Farias.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados.** Porto Alegre: ArtMed Editora S.A., 2005.

MOURA, C.B. 2008. **Avaliação do impacto do sistema Last Planner® no desempenho de empreendimentos da construção civil.** (Dissertação mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. , Porto Alegre : 2008.

PIRES, S. 1995. **Gestão estratégica da produção.** Piracicaba : Unimep, 1995.

## **AGRADECIMENTOS**

A Capes, pela bolsa de apoio à pesquisa e pelo incentivo do Programa Pró-Engenharias.