



**XIX COBREAP | Foz do Iguaçu**

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

**CONGRESSO BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS**

**21 a 25** agosto de **2017**

Hotel Mabu Thermas Grand Resort  
Foz do Iguaçu / PR / Brasil

**PERÍCIA ENVOLVENDO A QUANTIFICAÇÃO DO ATRASO EM OBRA COM O USO DAS TÉCNICAS  
DE PRAZO AGREGADO E MEASURED MILE (PRODUTIVIDADE NATURAL)**

**JOSÉ ANTONIEL CAMPOS FEITOSA**



*O Conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade dos seus autores.*



XIX COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE  
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/PR - 2017

**TÍTULO - Perícia envolvendo a quantificação do atraso em obra com o uso das técnicas de Prazo Agregado e *Measured Mile* (Produtividade Natural)**

**Classificação: Trabalho de Perícia**

## RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação em perícias das técnicas de Prazo Agregado e *Measured Mile* (Produtividade Natural), utilizadas para quantificar as parcelas de atraso sob responsabilidade de cada parte contratante, verificadas no atraso total de obras de engenharia. Para tanto, faz uma análise comparativa com as técnicas tradicionais de mensuração de tempo (Valor Agregado) e de perda de produtividade (Planejado vs. Construído) — de uso corrente em encaminhamento de pleitos contratuais (*claims*) —, onde se ressalta a impropriedade de suas utilizações. O objetivo final da adoção conjunta dessas duas técnicas é quantificar, com o menor grau de subjetividade possível, o quanto de atraso cada parte deu causa no cômputo do atraso total de uma obra de engenharia, resguardando, assim, os direitos de cada parte em caso de litígios. A eficácia da aplicação dessas técnicas é demonstrada em estudo de caso.

Palavras-chave: ***Prazo Agregado, Measured Mile, atraso, produtividade, pleitos***

## Sumário

<b>1</b>	<b>Exposição .....</b>	<b>4</b>
1.1	Referencial teórico .....	5
1.1.1	Métodos de análise investigativa de cronogramas .....	5
1.1.2	Métodos de estimação de perda de produtividade.....	9
1.1.3	Prazo Agregado.....	12
1.2	Estudo de caso.....	14
1.2.1	O empreendimento.....	14
1.2.2	As causas da extensão do prazo inicial .....	14
1.2.3	O pleito apresentado.....	16
1.2.4	Uso do Prazo Agregado e do estudo <i>Measured Mile</i> .....	18
1.2.5	Resultado da perícia .....	23
<b>2</b>	<b>Conclusões e recomendações .....</b>	<b>24</b>
	<b>Referências.....</b>	<b>25</b>

## 1 Exposição

O equilíbrio econômico-financeiro dos contratos é um direito assegurado na Constituição Federal<sup>1</sup> e na legislação infraconstitucional<sup>2</sup>.

As causas mais comuns dos desequilíbrios contratuais são os atrasos verificados na execução do objeto, com os consequentes custos daí decorrentes, e o custo excessivo que pode atingir os insumos.

Os atrasos, por sua vez, podem surgir em decorrência de vários fatores, como por exemplo:

- Atraso na liberação de frentes de serviço;
- Atraso na aprovação de revisão de projetos;
- Atraso decorrente de paralisações (de ordem judicial, ambiental, orçamentária, etc.);
- Atraso por diminuição do ritmo de execução;
- Atraso devido à escassez de material, equipamentos ou mão de obra, etc.

Tais atrasos podem ter como responsáveis uma ou ambas as partes contratantes.

Em reivindicações (claims) de reequilíbrio econômico-financeiro de contrato, havendo as partes dado causas ao atraso, costuma-se, após alguma discussão de mérito, chegar-se a uma composição, arcando cada uma com o seu quinhão de responsabilidade. Não havendo acordo, é de praxe também a judicialização da demanda.

Nos casos, todavia, em que é incontroverso a origem das causas do atraso por parte, p. ex., da contratante, a contratada, incontinenti, reivindica a integralidade do dano financeiro decorrente desse atraso e, como forma de ratificar a pertinência do seu pleito, oferece as provas que atestam a situação inicialmente prevista e a situação tal qual se encontra a avença, configuradas nos cronogramas físico-financeiros previsto e executado.

Para exemplificar, imagine-se uma obra de construção de uma quadra poliesportiva, com prazo de execução de 3 meses, mas que, após 1 mês da emissão da ordem de início dos serviços e a contratada ter mobilizado equipamento, mão de obra, adquirido os materiais e encontrar-se em execução, o serviço teve que ser suspenso por 2 meses até que a concessionária de energia elétrica retirasse uma fiação subterrânea que só foi percebida após iniciados os serviços de escavação. Reiniciada a obra, a sua conclusão deu-se dois meses após, cumprindo assim a contratada com os três meses de execução previstos e pactuados; todavia, resta evidente o prejuízo com que teve de arcar com os dois meses de paralisação. Nesses casos, o direito à recomposição da contratada é líquido e certo, cabendo à contratante arcar com o custo adicional decorrente e extensivo aos dois meses extras<sup>3</sup>, uma vez que eu lhe cabia entregar o local da obra livre e desimpedido<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> CF/88 – Art. 37, XXI

<sup>2</sup> CC – Arts.478/480 e Lei 8.666/93 – Art. 65, II, d

<sup>3</sup> CC: Art. 944. A indenização mede-se pela extensão do dano.

<sup>4</sup> Norma ABNT NBR 5671/1990 – Participação dos intervenientes em serviços e obras de engenharia e arquitetura: 5.1.1 É de responsabilidade do proprietário: (...) c) dispor do local desembaraçado física e legalmente, em tempo hábil, necessário para o início e desenvolvimento do empreendimento;

Ainda na mesma hipótese, havendo a contratada concluído a obra em 4 ou mais meses de efetivo serviço, haveria naturalmente um encontro de contas, para ver qual parte teria direitos quanto ao prazo extra.

Na realidade, quando a parte contratante é a responsável pelas causas do atraso, a dificuldade de alocação de responsabilidade por atraso reside em saber se essas causas foram as únicas encarregadas pelo atraso ou se a contratada também contribuiu, de alguma forma, para a extensão do prazo.

É comum, e até natural assim ocorrer, a contratada imputar à contratante a totalidade desse prazo extra, uma vez que é incontroverso ser a contratante a responsável pelas causas desencadeadoras do atraso.

Ao encaminhar seu pleito de reequilíbrio, a contratada costuma referendar suas alegações utilizando-se a técnica “Planejado vs. Construído” (em inglês, “As planned vs. As built”), ou seja, fora planejado “x” meses, todavia, por culpa da contratante, a duração foi de “x +  $\Delta x$ ”, razão porque reivindica-se, a título de indenização, esse  $\Delta x$ .

Todavia, ao assim proceder, deixa a contratada registrada de forma tácita que a sua parte no contrato fora cumprida de forma escorreita e integral, ou seja, o “x” meses foi cumprido em sua inteireza, nem um dia a mais ou a menos.

No entanto, para que essa alegação seja validada, deve a contratada comprovar que, independente dos meses de atraso causados pela contratante, ela, contratada, cumpriu o avençado, em relação ao prazo. Mas, sabe-se, tal comprovação não costuma acompanhar os pleitos reivindicatórios de reequilíbrio contratual.

Assim, é para dirimir tais dúvidas que a perícia de engenharia passa a fazer uso de duas ferramentas provenientes do Gerenciamento de Projetos e da Engenharia de Custos, como a técnica do Prazo Agregado e a técnica de mensuração de produtividade conhecida como *Measured Mile*, que foi traduzida para o português como Produtividade Natural<sup>5</sup>.

Essas duas técnicas trabalham de forma conjunta: enquanto o Prazo Agregado delimita de forma precisa o período de tempo em que a contratada executou a obra sem impedimentos, ou seja, de acordo com a sua produtividade natural, a *Measured Mile* calcula a produtividade nesse período, possibilitando, assim, a comparação com a produtividade inicialmente pactuada.

O pleito, dessa forma, passa a ser discutido considerando a influência da produtividade verdadeiramente praticada pela contratada.

Quantificar o atraso que cada parte contratante deu causa, dentro de um atraso total, é o objetivo do presente estudo.

## 1.1 Referencial teórico

### 1.1.1 Métodos de análise investigativa de cronogramas

A principal referência teórica quando o assunto é análise de cronograma é a Prática Recomendada Nº 29R-03: Análise Investigativa de Cronograma, 2011, editada pela AACE® International, e traduzida para o português pela AACE Brasil.

Esse Prática Recomendada (RP 29R-03), ao abordar os métodos de análise de cronogramas, divide-os em dois grandes grupos (1ª camada) que, conforme a ótica

---

<sup>5</sup> Prática Recomendada nº 25R-03 da AACE® International  
COMO ESTIMAR PERDA DE PRODUTIVIDADE DE MÃO DE OBRA EM PLEITOS DE CONSTRUÇÃO

do analista, são denominados de métodos do tipo Prospectivo e Retrospectivo, assim definidos:

### **1. Prospectivo**

Análises prospectivas são realizadas em tempo real anteriormente aos eventos de atraso ou em tempo real contemporaneamente com o evento em atraso. Em todos os casos, a análise prospectiva consiste na melhor estimativa do analista de eventos futuros.

### **2. Retrospectivo**

Análises retrospectivas são realizadas após o evento de atraso ter ocorrido e os impactos são conhecidos. O momento pode ser logo após o evento de atraso e anteriormente à conclusão do projeto, ou após a conclusão de todo o projeto.

(AACE, 2011)

No momento “prospectivo”, portanto, o atraso ainda não ocorreu, mas o comportamento atual do empreendimento fornece indicadores ao analista onde o mesmo pode formular projeções como, p. ex., de prazo extra para conclusão (aditivo de prazo).

No momento “retrospectivo”, o atraso já ocorreu e o analista “olha para trás”, para o fato consumado, e faz a abordagem das causas do atraso através de método específico por ele selecionado.

A segunda grande distinção dos métodos, divide-os também em dois grupos (2ª camada), conforme o analista apenas observe e tire suas conclusões a partir dos cronogramas existentes (postura observacional), sem alterá-los, ou passe a incrementá-los com simulações de eventos que tenham ocorrido (postura de modelagem) para daí então tirar suas conclusões.

A RP 29R-03 assim define essas posturas:

### **1. Observacional**

O método observacional consiste em analisar o cronograma examinando-o, por si só ou em comparação com o outro, sem o analista fazer qualquer alteração no cronograma para simular qualquer cenário específico.

*Análise contemporânea do período e realizado vs. previsto* são exemplos comuns que demonstram o método básico de observação.

### **2. Modelado**

Ao contrário do método de observação, o método modelado pede intervenção do analista além da mera observação. Na preparação de uma análise modelada o analista insere ou extrai atividades que representam eventos em atraso dentro de uma rede CPM e compara os resultados calculados do 'antes' e 'depois'.

Exemplos comuns do método modelado estão a *colapsado as-built*, *análise de impacto no tempo*, e o *impacto como planejado*.

(AACE, 2011)

Dentro da postura observacional, há também duas lógicas que distinguem os métodos (3ª camada), conforme o fato de a avaliação considerar apenas a lógica original do cronograma (**lógica estática**), ou considerar os conjuntos adicionais da

lógica progressiva de cronograma que foram desenvolvidos durante a execução do projeto (**lógica dinâmica**).

**a. Observação da Lógica Estática**

(...) a variação lógica estática compara um plano que consiste em um conjunto de redes lógicas com o realizado nessa mesma rede. O termo "estática" refere-se ao fato de que a observação consiste na comparação de um cronograma realizado com apenas um conjunto de redes lógicas planejadas.

(AACE, 2011)

O método "Previsto vs. Realizado" (as-planned vs as-built) é um exemplo de método de lógica estática

**b. Observação da Lógica Dinâmica**

Em contraste com a variação lógica estática, a variação lógica dinâmica normalmente envolve a utilização de alterações de cronograma cujas redes lógicas podem ser diferentes em vários graus a partir da linha de base e umas das outras. Esta variação considera as mudanças na lógica que foram incorporadas durante o projeto.

(AACE, 2011)

O método "Análise Contemporânea do Período" é um representante da lógica dinâmica.

Dentro da postura modelada, as duas distinções (também em 3ª camada) são se os atrasos são adicionados a um cronograma base (**modelagem aditiva**) ou subtraídos de um executado (as-built) simulado (**modelagem subtrativa**).

O quadro a seguir sintetiza as definições dadas até aqui.

Taxonomia	RETROSPECTIVA															
	OBSERVACIONAL							MODELO								
	Dinâmica Estática			Dinâmica Lógica				Aditivo				Subtrativo				
	3.1 Bruto		3.2 Periódico		Atualização contemporânea (3.3 AS-IS ou 3.4 Split)			3.5 Modificado / Reconstrução Atualizado		Base Única		Multi Base		Simulação Única		Multi Simulação
	Períodos Fixos	Janela Variável	Todos os Períodos	Períodos Agrupados	Períodos Fixos	Janela Variável	Inserção Global	Inserção Steped	Períodos Fixos	Janela Variável ou agrupado	Extração Global	Extração Steped	Período Fixo	Extração Steped		
Normes Comuns	Planejado Vs. Executado	Janela de Análise	Análise do Período Contemporâneo, Análise do Impacto do tempo, Janela	Análise do Período Contemporâneo, Análise do Impacto do tempo, Análise da Janela	Análise do Período Contemporâneo, Análise do Impacto do tempo	Análise da janela e Análise do Impacto do tempo	Impacto como planejado	Análise do Impacto do tempo, Impacto do planejado	Análise do impacto do tempo	Análise da janela e Impacto do Planejado	Colapso do Executado	Análise do impacto do tempo, colapso do executado	Análise do impacto do tempo, colapso do executado	Análise do Impacto da Janela, Análise do Impacto do Tempo, Colapso o Executado		

**Quadro 1 – Nomenclatura correspondente**

Fonte: RP 29R-03, 2011, AACE® International

Conforme Cabrita (2008, p. 37), o método "Previsto vs. Realizado" (as-planned vs as-built), também conhecido como "Método planejado no construído", possui as seguintes características:

**Método planeado no construído**

O método planeado no construído faz a comparação entre a calendarização inicial do plano de trabalhos com a calendarização final que corresponde ao trabalho efectivamente executado. Embora seja um

método que pela sua simplicidade e fácil aplicação se torna expedito para a avaliação do desempenho do empreiteiro, está a deixar de ser utilizado pois não permite calcular os efeitos do desempenho real nem a argumentação adaptada na reclamação, devido à falta de atribuição de responsabilidades às entidades abrangidas.

(CABRITA, 2008)

A *Society Of Construction Law - SCL*, Sociedade de Direito da Construção, reconhecida entidade britânica, editou em 2002 o *Delay and Disruption Protocol*, Protocolo de Atraso e Interrupção, que faz a seguinte abordagem em relação ao método “As planned vs. As built”:

4.5 A análise “Como planejado vs como construído” pode ser utilizada para identificar atrasos no progresso, mas é limitada por sua incapacidade de identificar a concorrência, re-sequenciamento, mitigação ou aceleração. É útil como um ponto de partida em relação a outros métodos mais complexos de análise.

(SCL, 2002)

O método “Colapso do executado” recebe a seguinte definição, vinda de Cabrita (2008, p. 37):

#### **Método colapso no construído**

O método colapso no construído consiste na comparação e análise do planeamento efectivamente realizado com o planeamento elaborado caso só houvesse uma das partes responsáveis pelos atrasos. Tal abordagem permite que seja possível observar a data de conclusão da obra, se não existissem atrasos provocados pela outra entidade. Apesar de este método fornecer mais um elemento de avaliação de desempenho, à parte que irá requerer uma prorrogação de prazo, é de difícil implementação devido à sua complexidade.

(CABRITA, 2008)

E de Cruz (2012, p. 38), nos seguintes termos:

#### **Collapsed As-Built**

Neste método a análise é feita a partir do plano de trabalhos real e pode ser utilizado pelo empreiteiro ou pelo dono de obra. Consiste em retirar os atrasos fora da sua responsabilidade ao plano de trabalhos efetivo, demonstrando assim a data da conclusão da obra caso não surgissem atrasos provocados pela outra parte.

Para os investigadores este método apresenta a vantagem de não considerar apenas o planeamento inicial, mas sim o planeamento real. Existe alguma dificuldade em aplicá-lo restritamente, pois os atrasos atribuídos a uma das partes podem ser na realidade da responsabilidade da outra. É um método demorado e dispendioso.

(CRUZ, 2012)

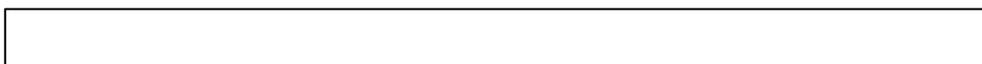
### 1.1.2 Métodos de estimação de perda de produtividade

A Prática Recomendada nº 25R-03 – Como Estimar Perda de Produtividade de Mão de Obra em Pleitos de Construção, 2004, da AACE® International, estabelece-se como principal repositório quando a temática é a apuração de perda de produtividade.

Essa Prática Recomendada (RP 25R-03) define produtividade como a medida do índice de saídas por unidade de tempo, p. ex.: m<sup>3</sup> (de concreto)/hora trabalhada da equipe, para algum serviço de concretagem.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{outputs (unidades concluídas)}}{\text{Input (horas de trabalho ou de equipamento empregadas)}}$$

A perda de produtividade acontece quando a Contratada não está atingindo sua taxa de produção praticável ou planejada. É a diferença entre a produtividade da *baseline* e aquela realmente obtida.



A produtividade da *baseline* pode ser determinada pela medida dos *inputs* e *outputs* em períodos não impactados ou menos impactados do projeto. Quando esses dados não estiverem disponíveis, é possível fazer uma substituição usando a produtividade da *baseline* estimada ou determinada analiticamente.

Uma outra forma de calcular a perda de produtividade é através de um fator obtido pela razão entre a produtividade real e a produtividade planejada (*baseline*)

$$\text{Fator de Produtividade} = \frac{\text{Produtividade Real}}{\text{Baseline ou Produtividade Planejada}}$$

A RP 25R-03 diz que a perda de produtividade proveniente de alguma ação cuja responsabilidade é da contratante, pode não ser facilmente detectada ou observada a princípio e que, muitas vezes, a produtividade não é acompanhada de forma específica e contemporânea em projetos de construção, sendo frequentemente calculada somente ao final de um projeto, ou durante a preparação de um pleito ou solicitação para ajuste equitativo. Como resultado, geralmente somente pode ser feita uma aproximação bruta da estimativa total de custos. Como complicador, existem inúmeras formas de calcular perda de produtividade, não havendo consenso entre os profissionais da área de custos. E, como não poderia deixar de ser, o ponto fundamental para reconstruir informações relativas à produtividade que respaldarão um pleito sobre perda de produtividade, é a boa manutenção de registros durante todo o projeto. Desde o princípio do projeto, a contratada deve estabelecer um sistema homogêneo para identificar e registrar informações sobre produtividade da mão de obra em campo em uma base contemporânea (AACE, 2004, p.4).

A finalidade dessa Prática Recomendada é, dentre outras, identificar metodologias para a estimativa de perda de produtividade e estipular uma ordem de classificação dessas metodologias.

Dentre as causas responsáveis pela perda de produtividade assinaladas pela RP 25R-03, destacam-se as seguintes:

- **Alterações, impacto incidental, impacto cumulativo causado por múltiplas alterações e retrabalho** – Todos os projetos enfrentam algum tipo de alteração durante a construção. Isso já é previsto. Alguns autores acreditam que, como norma geral, ocorra um crescimento de custos na faixa de 5% a 10% devido às alterações. Entretanto, grandes mudanças (alterações muito além do padrão), alterações fora do escopo antecipado de trabalho (alterações cruciais), alterações múltiplas, impacto da alteração sobre trabalho inalterado ou o impacto cumulativo causado pelas alterações podem afetar a produtividade.
- **Aglomeração de mão de obra ou acúmulo excessivo de pessoas na mesma frente de serviço** - Para a obtenção de boa produtividade, todos os membros de uma equipe deverão ter espaço de trabalho suficiente para realizar suas funções sem a interferência de outros operários. Quando mais mão de obra é alocada ao trabalho em um espaço fixo, é provável que ocorra interferência, o que diminui a produtividade.
- **Falhas na engenharia, nas revisões de engenharia e/ou no retrabalho** – Quando os desenhos ou especificações estiverem incorretos, ambíguos, confusos, etc., provavelmente haverá um declínio de produtividade porque as equipes em campo não têm certeza sobre o que é necessário ser feito. Conseqüentemente, as equipes podem reduzir o ritmo de trabalho ou ter que parar completamente enquanto esperam por instruções claras.
- **Curva de Aprendizagem** – No início de qualquer projeto, existe uma curva de aprendizagem típica enquanto as equipes de mão de obra se familiarizam com o projeto, sua localização, qualidade dos padrões impostos, locais da área de pavimentação, etc. Isso é esperado e tipicamente incluído em custos conforme especificados na oferta. Contudo, se o trabalho é paralisado por algum período e as equipes de mão de obra são dispensadas, então quando o trabalho for retomado, as equipes de mão de obra levadas de volta ao projeto podem ter que passar por outra curva de aprendizagem. Provavelmente, esse é um impacto imprevisto à produtividade da mão de obra.
- **Trabalho fora de sequência** – Quando o trabalho não ocorre de forma lógica e ordenada, a produtividade pode ser afetada negativamente conforme as equipes são aleatoriamente deslocadas pelo canteiro, por exemplo.
- **Restrições de acesso à área de trabalho ou ao canteiro** – Se o local de trabalho estiver em um local afastado, difícil de se chegar, ou cujo acesso seja ineficiente ou limitado, a produtividade pode sofrer porque a mão de obra, equipamentos e materiais podem não estar no local quando e como necessário para apoiar a execução eficaz do trabalho. Além disso, perdas de produtividade podem ocorrer quando o acesso a áreas de trabalho é adiado ou atrasado e a Contratada tem que fazer mais trabalho em menos tempo, o que pode resultar na alocação excessiva de funcionários, enfraquecimento da supervisão e falta de coordenação das frentes de serviço.
- **Condições do local** – Condições físicas (como solos saturados); condições logísticas (como fiação elétrica instalada em altura baixa); condições ambientais (como requisitos que proíbam a construção em determinadas áreas durante certas épocas do ano); condições jurídicas (como portarias quanto à limitação de ruídos proibindo trabalho antes das 07h00 ou depois das 18h00 horas) podem afetar negativamente a produtividade de um projeto.
- **Aprovações ou respostas atrasadas** – Quando as Contratantes, projetistas e/ou gerentes de construção do projeto não conseguirem responder em tempo hábil a apresentações ou pedidos de informações exigidos contratualmente, a produtividade de um projeto pode cair, já que as equipes podem não ter autoridade ou conhecimento suficientes para prosseguir o trabalho.

Os métodos previstos na RP 25R-03 estão agrupados, em ordem de preferência, nos seguintes temas:

- Estudos Específicos de Projeto<sup>6</sup>
- Estudos Comparativos de Projeto
- Estudos Especializados da Indústria
- Estudos Gerais da Indústria
- Bases de Custos
- Impacto da Produtividade sobre o Cronograma

Nesse estudo será analisado o método constante do primeiro grupo (Estudos Específicos de Projeto), denominado de Estudo *Measured Mile*.

A RP 25R-03 destaca a seguinte citação de Schwartzkopf<sup>7</sup>:

“O método mais amplamente aceito para o cálculo de perda de produtividade da mão de obra é conhecido em toda a indústria como o cálculo “*Measured Mile*” (produtividade natural). Esse tipo de cálculo compara atividades idênticas em partes do projeto que sofreram e que não sofreram impactos para averiguar a perda de produtividade resultante do impacto de um conjunto conhecido de eventos. O cálculo *Measured Mile* é preferido porque considera apenas o efeito real do impacto alegado, eliminando disputas a respeito da validade de estimativas de custos ou de fatores que possam ter afetado a produtividade sem culpa da Contratante.”  
(AACE, 2004)

Uma outra explicação do método *Measured Mile* é dada por Martins (2014)

Outro método muito usual é conhecido como “measured mile analysis”. Este método pode ser utilizado quando um projeto tem uma porção não impactada claramente definida, em oposição a uma porção afetada, de um trabalho semelhante. Os custos normais de produtividade e da unidade da parte não afetada do projeto servem como linha de base para comparação. Se a contratada pode estabelecer que o proprietário foi o responsável pelas causas da redução da produtividade, as diferenças de custo entre a porção com produtividade normal e a porção com produtividade afetada podem servir como uma medida útil dos danos incorridos. Uma vantagem dessa abordagem é que ela não confia unicamente na estimativa de produtividade de proposta da contratada, uma vez que utilizam-se de dados reais tanto para o período utilizado como linha de base, como para o período impactado.  
(MARTINS, 2014)

Acerca do último grupo de métodos de estimação de perda de produtividade, o “Impacto da Produtividade sobre o Cronograma”, a RP 25R-03 faz a seguinte abordagem:

**Análise de Impacto sobre o Cronograma** – Sobre esse tema, recomendamos o uso de alguma técnica de análise de cronograma para determinar o atraso geral do projeto ou o atraso de algumas atividades dentro

---

<sup>6</sup> Conforme a RP 25R-03: “Entre todos os métodos identificados acima, os mais confiáveis são aqueles descritos na seção sobre Estudos Específicos de Projeto. Estes métodos são baseados em documentação contemporânea ao projeto e conhecimento sobre ele. Portanto, esses métodos são os que conseguem fazer um cálculo aproximado mais real dos danos de um projeto.”

<sup>7</sup> *Calculating Lost Labor Productivity in Construction*

do cronograma. Após ter sido determinado que algumas ou todas as atividades restantes no cronograma estão atrasadas, então as técnicas expostas acima podem ser aplicadas para determinar se qualquer perda de produtividade tenha surgido de tal atraso.  
(AACE, 2004)

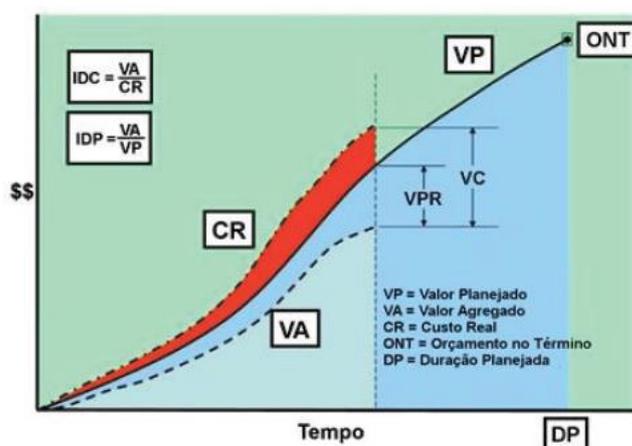
Ou seja, identificado o atraso no cronograma, por algum método constante na RP 29R-03, pode-se usar uma das técnicas de detecção de perda de produtividade, como a *Measured Mile*, para saber se tal perda foi proveniente desse atraso.

### 1.1.3 Prazo Agregado

O conceito de prazo agregado é decorrente de uma revisão da prática gerencial conhecida como Gerenciamento de Valor Agregado – GVA, levada a termo por Walter Lipke em 2009, em sua obra “Earned Schedule”, traduzido para o português como “Prazo Agregado”. Segundo Lipke (2009, p. 24), “o GVA oferece aos seus usuários dados e indicadores de desempenho, ou seja, métricas, que proporcionam um sistema de ‘alerta precoce’ para o controle de projetos e ações corretivas proativas”.

O termo Prazo Agregado (PA) é uma analogia ao Valor Agregado (VA) do GVA. Por definição, VA é o valor acumulado dos trabalhos concluídos. Toda a análise de desempenho no GVA é baseada, além do VA, no Custo Real (CR), que é o custo incorrido para a execução das atividades, e no Valor Planejado (VP), que é a soma acumulada do custo previsto. Uma vez definida a duração planejada do projeto (DP), todas as métricas disponíveis no GVA podem ser calculadas com base nessas grandezas, dentre as quais destacam-se o Índice de Desempenho do Custo (IDC) e o Índice de Desempenho do Prazo (IDP). “Se IDC e IDP tiverem valores superiores a 1,00, os desempenhos em custo e cronograma serão considerados favoráveis e, quando forem menores do que 1,00, o desempenho será desfavorável” (Lipke, 2009, p. 27). Esses indicadores periódicos são úteis para prever se é ou não provável que o projeto seja bem-sucedido nos seus resultados.

A figura abaixo, que mostra VP, CR e VA como “curvas S”, sintetiza os conceitos de GVA vistos até aqui.

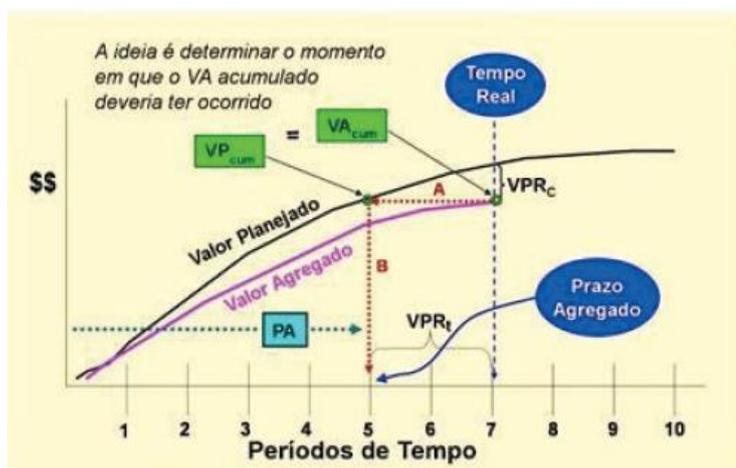


**Figura 1** – Medidas e indicadores do GVA  
Fonte: W. Lipke, 2009

Se por um lado o GVA é utilizado, a contento, para analisar o desempenho do custo, por outro lado é inquestionável que os especialistas nessa prática de gerenciamento não se sentem à vontade em utilizar os indicadores de prazo, principalmente em projetos atrasados, onde o IDP costuma apresentar valores inconsistentes quando esses projetos se aproximam do fim. Lipke (2009, p. 30) fundamenta essa desconfiança a partir dos seguintes questionamentos:

“Como poderiam indicadores baseados em custo fornecer informações de prazo? Como poderiam indicadores conhecidos por fracassarem em projetos atrasados fornecerem informações de gerenciamento confiáveis sobre o desempenho em prazo?”

Com o objetivo de suprir essa deficiência do GVA, Lipke formulou o conceito de Prazo Agregado, que significa determinar o instante em que o Valor Agregado (VA) deveria ter ocorrido. Graficamente, temos:



**Figura 2** – Conceito de Prazo Agregado (PA)  
 Fonte: W. Lipke, 2009

Vê-se, no gráfico, a curva “S” do valor planejado (*baseline*) e a curva “S” do valor agregado, que é a soma acumulada do trabalho executado. O mês de análise é o mês 7. Na curva do valor agregado, temos no mês 7 o montante executado igual a “VA”. Projetando horizontalmente esse valor para esquerda, até encontrar a curva do valor planejado, encontramos o ponto “VP”. Como VA e VP estão na mesma altura, VA = VP. Projetando agora verticalmente esse ponto “VP” até encontrar o eixo do tempo, encontramos o mês 5. Ou seja, o valor efetivamente produzido (VA) no mês 7, deveria ter ocorrido no mês 5. Esse período de tempo, de 0 até 5, é o Prazo Agregado. O período de tempo correspondente ao mês de análise, de 0 a 7, é o Tempo Real (TR).

Os indicadores de prazo derivados do método do PA são definidos da seguinte forma:

Variação de Prazo:

$$VPR(t) = PA - TR$$

Índice de Desempenho em Prazo:

$$IDP(t) = PA / TR$$

## 1.2 Estudo de caso

O estudo de caso refere-se à execução de um contrato administrativo, cujo Objeto era a construção de um contorno rodoviário, de 16 km de extensão, na BR-427/RN.



**Fotografia 1** – Objeto do contrato. Contorno rodoviário

### 1.2.1 O empreendimento

O contrato tinha custo inicial de R\$ 49.754.892,59, para execução em 540 dias consecutivos (18 meses). A Ordem de Início dos Serviços foi emitida em 03/01/2011, devendo, portanto, ter sido concluída a obra em 26/06/2012.

Com os aditivos de preço, o custo final ficou em R\$ 56.184.380,38 e, devido às intercorrências havidas, a conclusão da obra deu-se em nov/2013, estendendo o prazo inicial de 18 para 35 meses.

### 1.2.2 As causas da extensão do prazo inicial

Dentre as causas impeditivas do desempenho pleno da execução contratual, destacam-se as seguintes:

1. Impedimento devido à ausência de autorização ambiental para a supressão vegetal em todo o trecho;
2. Impedimento devido à ausência de autorização ambiental para a supressão vegetal entre as Estacas E 350 e E 655;
3. Impedimento devido à ausência de autorização ambiental para a supressão vegetal da área do canteiro;
4. Impedimento de iniciar processo de desapropriação devido à falta de Declaração de Utilidade Pública – DUP;

5. Impedimento de iniciar a terraplenagem devido à ausência de supervisão contratada;
6. Impedimento de iniciar a desapropriação por ausência de empresa consultora contratada;
7. Impedimento de executar plenamente a terraplenagem devido à capacidade limitada de acompanhamento por parte da fiscalização;
8. Ofício da contratada informando a existência de uma adutora de abastecimento d'água na E 802.
9. Ofício da contratada relatando impedimentos nos empréstimos 01, 02, 04, 06, 07, 08, 09 e 10, previstos em projeto.
10. Ofício da contratada relatando projeto das Obras de Arte Especiais – OAEs incompleto, impedindo o início da execução;
11. Impedimento de segmento devido a presença de posteação de rede elétrica;
12. Ordem de Paralisação de Serviço, por parte da Administração, devido à indisponibilidade de recursos orçamentários.

O cronograma da figura a seguir dá a visão dos impedimentos e desimpedimentos no tempo.

Nº	ABRANG.	INÍCIO / FIM	DURAÇÃO	jan/11	mar/11	abr/11	jul/11	nov/11	dez/11	abr/12	maí/12	jun/12	nov/12	dez/12	jan/13	abr/13	maí/13	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
1	TOTAL	03/01/2011	84	■	■																		
		28/03/2011																					
2	PARCIAL	03/01/2011	750	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
		22/01/2013																					
3	PONTUAL	03/01/2011	84	■	■																		
		28/03/2011																					
4	PONTUAL	03/01/2011	98	■	■	■																	
		11/04/2011																					
5	TOTAL	03/02/2011	178	■	■	■																	
		31/07/2011																					
6	PONTUAL	11/04/2011	360			■	■	■	■	■													
		05/04/2012																					
7	TOTAL	31/07/2011	123				■	■	■														
		01/12/2011																					
8	PONTUAL	11/11/2011	514				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
		08/04/2013																					
9	TOTAL	13/12/2011	171				■	■	■	■													
		01/06/2012																					
10	PONTUAL	13/12/2011	18					■															
		31/12/2011																					
11	PONTUAL	07/05/2012	218							■	■	■	■										
		11/12/2012																					
12	TOTAL	01/09/2012	87									■											
		27/11/2012																					

**Figura 3** – Cronograma dos impedimentos x desimpedimentos

Fonte: Elaboração do autor

Pelo cronograma acima, vê-se que o último evento que impactou o desempenho da contratada foi o evento nº 2, de abrangência parcial, ou seja, a limitação estava circunscrita a um segmento, e não a toda obra. No caso, o impedimento se localizava entre as Estacas 350 e 655. O evento nº 8, por ter abrangência local, não foi considerada como impactante no desempenho da contratada.

### 1.2.3 O pleito apresentado

A contratada apresentou um pleito de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato, decorrente da extensão do prazo inicialmente pactuado, alegando ser de responsabilidade da contratante as causas dessa extensão.

Como forma de manter as condições iniciais da proposta, a contratada, nas considerações do seu pleito, corrigiu o prazo de 18 meses pelo mesmo percentual de aditivo de preço, 12,92%, fixando o prazo que seria considerado como o necessário em 21 meses. Este procedimento, por ter respaldo tanto na Constituição Federal, que determina a manutenção das condições originais da proposta ofertada em licitação, quanto na RP 29R-03<sup>8</sup>, foi aceito pela Administração (contratante). Os valores planejados passaram a ser os constantes na tabela a seguir.

Mês	Planejado	
	Mensal	Acumulado
1	908.063,75	908.063,75
2	1.402.301,79	2.310.365,54
3	1.713.225,84	4.023.591,38
4	1.951.769,81	5.975.361,19
5	2.226.144,45	8.201.505,64
6	2.539.298,41	10.740.804,05
7	2.686.379,27	13.427.183,32
8	3.315.542,59	16.742.725,91
9	3.447.424,17	20.190.150,08
10	3.648.848,17	23.838.998,25
11	3.633.113,71	27.472.111,96
12	3.493.732,96	30.965.844,92
13	3.424.804,20	34.390.649,12
14	3.441.385,22	37.832.034,33
15	3.230.713,16	41.062.747,50
16	3.125.852,63	44.188.600,12
17	2.909.153,86	47.097.753,98
18	2.757.689,70	49.855.443,68
19	2.616.395,00	52.471.838,68
20	2.273.939,75	54.745.778,42
21	1.438.601,96	56.184.380,38

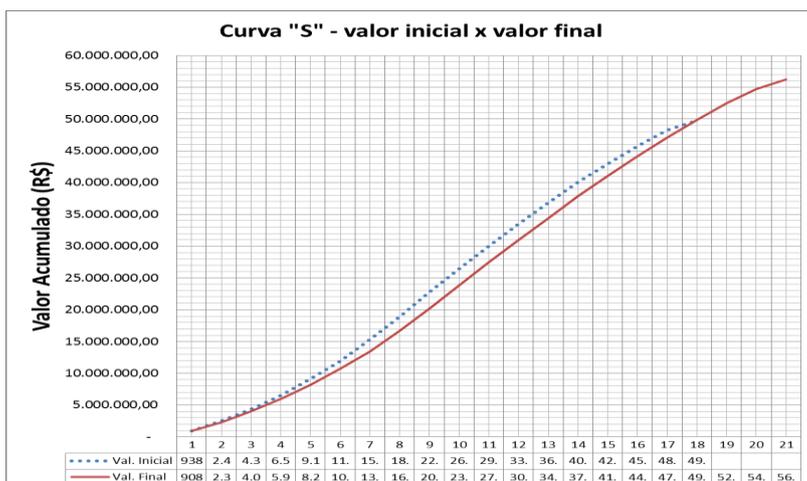
**Tabela 1** – Valores planejados – mensal e acumulado

Fonte: Elaboração do autor

Os valores acumulados da Tabela 1, referentes aos valores finais contratados, estão dispostos na curva “S” mostrada na figura a seguir.

---

<sup>8</sup> Esse procedimento pode ser enquadrado como uma análise investigativa de cronograma, adotando uma postura de modelagem aditiva, por ter acrescentado 3 meses no cronograma base devido ao acréscimo de serviços.



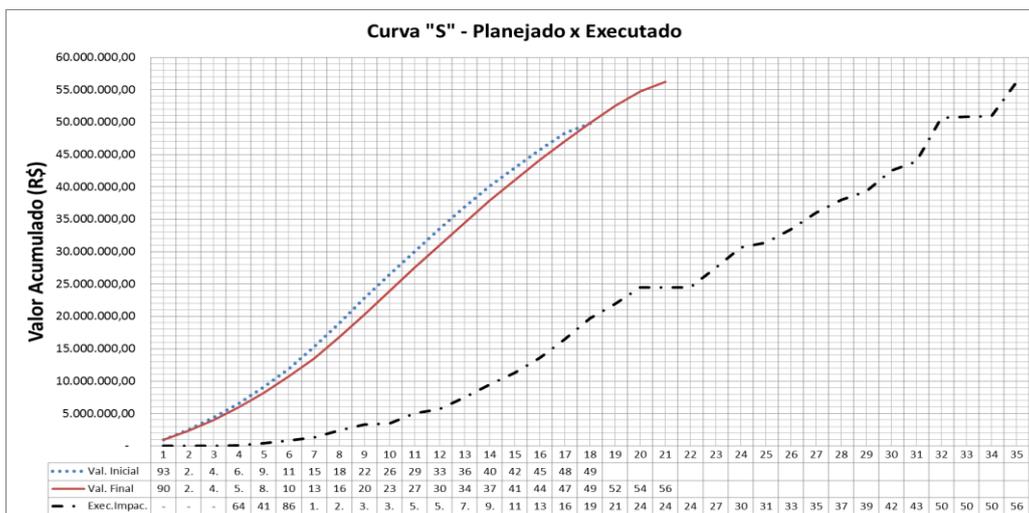
**Figura 4 – Curvas “S” dos valores inicial e final contratados**  
 Fonte: Elaboração do autor

A execução contratual, devido às causas impeditivas já referenciadas, mostrou o desempenho financeiro descrito na tabela a seguir.

Mês	Medição	Executado	
		Mensal	Acumulado
jan/11	1	-	-
fev/11	2	-	-
mar/11	3	-	-
abr/11	4	64.148,54	64.148,54
mai/11	5	348.632,46	412.781,00
jun/11	6	449.158,22	861.939,22
jul/11	7	434.915,74	1.296.854,96
ago/11	8	1.106.839,13	2.403.694,09
set/11	9	874.406,68	3.278.100,77
out/11	10	173.128,79	3.451.229,56
nov/11	11	1.549.765,42	5.000.994,98
dez/11	12	718.252,14	5.719.247,12
jan/12	13	1.777.657,41	7.496.904,53
fev/12	14	1.941.196,28	9.438.100,81
mar/12	15	1.828.032,92	11.266.133,73
abr/12	16	2.284.010,97	13.550.144,70
mai/12	17	2.939.042,89	16.489.187,59
jun/12	18	3.210.234,00	19.699.421,59
jul/12	19	2.188.228,90	21.887.650,49
ago/12	20	2.552.966,06	24.440.616,55
set/12	21	-	24.440.616,55
out/12	22	-	24.440.616,55
nov/12	23	3.100.472,70	27.541.089,25
dez/12	24	3.112.344,89	30.653.434,14
jan/13	25	728.896,99	31.382.331,13
fev/13	26	2.030.364,40	33.412.695,53
mar/13	27	2.559.202,70	35.971.898,23
abr/13	28	1.971.434,96	37.943.333,19
mai/13	29	1.305.580,24	39.248.913,43
jun/13	30	3.209.794,72	42.458.708,15
jul/13	31	1.457.818,35	43.916.526,50
ago/13	32	6.707.006,24	50.623.532,74
set/13	33	199.675,98	50.823.208,72
out/13	34	55.809,53	50.879.018,25
nov/13	35	5.305.362,13	56.184.380,38

**Tabela 2 – Valores planejados – mensal e acumulado**  
 Fonte: Elaboração do autor

As curvas “S” do valor contratado (planejado) e do valor executado estão demonstradas na figura a seguir, onde o atraso de 14 meses (=35 – 21) ficou evidenciado.



**Figura 5 – Curvas “S” do valor planejado x valor executado**

Fonte: Elaboração do autor

Pelos 14 meses adicionais, a contratada cobrou da contratante o valor de **R\$ 36.629.000,00**, a título de reequilíbrio econômico-financeiro.

Ao formular seu pleito com base no que foi planejado (execução em 21 meses), em contraponto àquilo que fora executado (execução em 35 meses), a contratada adotou o método “Planejado vs. Executado”, na postura observacional e de lógica estática.

A contratante, ainda que aceitasse como de sua responsabilidade as causas elencadas como impeditivas do pleno desempenho da contratada, irressignou-se com a responsabilização que lhe estava sendo imposta pelo total dos 14 meses de atraso.

Assim, buscou saber da real produtividade desempenhada pela contratante, independente dos impedimentos causados, a fim de comparar com a produtividade pactuada inicialmente. Para tanto, lançou mão do uso das técnicas de Prazo Agregado e do estudo *Measured Mile*, conforme detalhamento a seguir.

#### **1.2.4 Uso do Prazo Agregado e do estudo *Measured Mile***

Como visto na Figura 3, ao final de jan/13 a obra não foi mais impactada, passando o seu ritmo a depender exclusivamente da performance da contratada.

O mês jan/13 equivale ao mês 25 (Tabela 2). Nesse mês, o valor executado acumulado era de R\$ 31.382.331,13. Pela definição de prazo agregado, esse valor deve ser projetado na curva planejada, a fim de verificar em qual instante essa execução financeira deveria ter ocorrido. A figura a seguir exemplifica o conceito.



O que significa dizer que a medição acumulada verificada no mês 25 (jan/13), deveria ter ocorrido no mês 12,12 (~ dez/11).

Pelo conceito de perda de produtividade, foi visto que:

$$\text{Fator de Produtividade} = \frac{\text{Produtividade Real}}{\text{Baseline ou Produtividade Planejada}}$$

Fonte: RP 25R-03, 2011, AACE® International

A produtividade real da contratada, sem que estivesse impactada pelas causas retardadoras da execução, é aquela verificada a partir do mês 25 até à conclusão da obra, no mês 35. Por sua vez, a produtividade planejada é aquela equivalente ao desempenho planejado, constante da curva “S” planejada (Figura 4).

Para que a aplicação do estudo *Measured Mile* seja apropriada, faz-se necessário que a comparação se dê entre períodos impactados e não impactados; assim, a produtividade planejada equivalente à produtividade real não impactada, é aquela contida entre o mês “12,12” ao mês “21”.

Sendo a produtividade a medida do índice de saídas por unidade de tempo, as produtividades real (PR) e planejada (PP) podem ser expressas da seguinte forma:

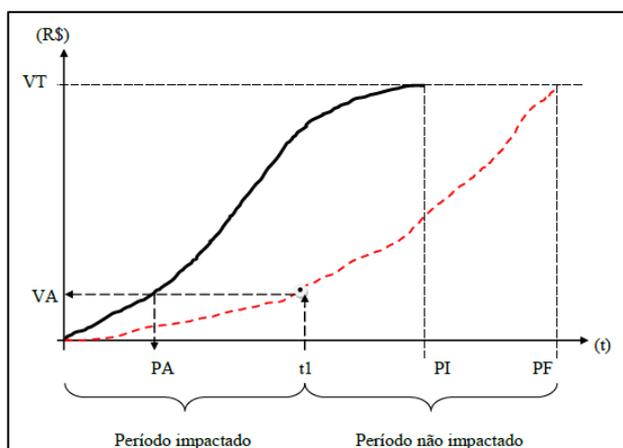
$$PR = (VT - VA)/(PF - t1) \quad [1]$$

$$PP = (VT - VA)/(PI - PA) \quad [2]$$

Onde:

- PR = Produtividade real
- PP = Produtividade planejada (*baseline*)
- VT = Valor total contratado e executado
- VA = Valor agregado
- PI = Prazo inicial previsto
- PF = Prazo final executado
- PA = Prazo agregado
- t1 = Instante a partir do qual a obra não foi mais impactada por eventos causadores de atraso.

A figura a seguir explicita as expressões acima.



**Figura 7** – Elementos de cálculo da produtividade planejada e real

Fonte: Elaboração do autor

A fórmula do Fator de Produtividade (FP), por sua vez, pode ser expressa da seguinte forma:

$$FP = PR / PP \quad [3]$$

Substituindo [1] e [2] em [3], vem:

$$FP = (PI - PA) / (PF - t1)$$

Substituindo-se com os valores numéricos praticados, encontramos:

$$FP = (21 - 12,12) / (35 - 25) = 0,8880$$

Ou seja, a produtividade real da contratada, sem os impedimentos causados pela contratante, foi de 0,8880 (88,8%) da produtividade planejada.

Com esse desempenho, ao final dos 21 meses previstos, a medição acumulada seria de 88,8% do valor total:

VET = Valor Executado Estimado na data de Término do PI

$$VET = 0,8880 \times R\$ 56.184.380,38 = R\$ 49.891.729,78$$

A exemplo do PA calculado anteriormente, para essa nova situação (VA = VET), teremos um PA = 18,014 meses.

O Índice de Desempenho de Prazo, IDP(t), é igual a:

$$IDP(t) = PA / PI = 18,014/21 = 0,8578$$

O Índice de Desempenho de Custo, IDC, é igual a:

$$IDC = VET / VT = 49.891.729,78 / 56.184.380,38 = 0,8880$$

E o Índice de Desempenho Global, IDG, é igual a:

$$IDG = IDP(t) \times IDC = 0,8578 \times 0,8880 = 0,7617$$

Com os valores de PI e PA e esses índices de desempenho (IDP(t), IDC e IDG), podemos calcular o prazo de término do empreendimento (PF), com base nas três estimativas previstas nas premissas do Gerenciamento de Valor Agregado – GVA, o prazo “realista”, o “otimista” e o “pessimista”.

Prazo Realista:  $PF' = PI / IDP(t) = 21/0,8578 = 24,48$  meses

Prazo Otimista:  $PF'' = PI + (PI - PA) = 21+(21-18,014) = 23,99$  meses

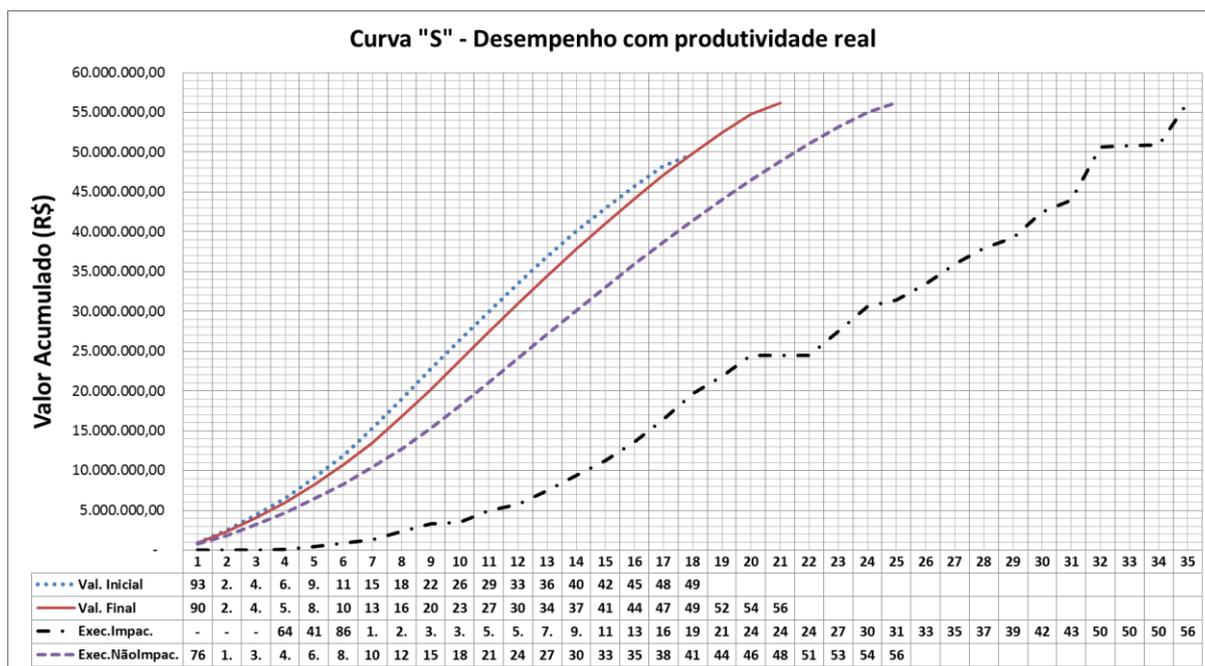
Prazo Pessimista:  $PF''' = PI/IDG = 21/0,7617 = 27,57$  meses

Utilizando-se a *Estimativa de Três Pontos*<sup>9</sup>, temos:

$PF = (PF''+4PF'+PF''')/6 = (23,99+4x24,48+27,57)/6 = 24,91$  meses ~ =>

**PF = 25 meses.**

Com a produtividade real da contratada e o prazo final de execução ao qual essa produtividade levou, pode-se traçar a curva “S” do empreendimento, sem os impactos causados pela contratante, o que evidenciou um atraso de 4 meses (=25 – 21) devido exclusivamente ao desempenho da contratada, conforme mostrado na figura a seguir.



**Figura 8** – Curva “S” do desempenho com produtividade real

Fonte: Elaboração do autor

Das causas elencadas como impeditivas do desempenho pleno da execução contratual (item 1.2.2), a de nº 3, “*Impedimento devido à ausência de autorização ambiental para a supressão vegetal da área do canteiro*”, era de responsabilidade da

<sup>9</sup> Guia PMBOK, PMI, 5ª Edição, 2013, pg.170



contratual, uma vez que ficou comprovado que a performance da contratada, sem as causas de impedimento produzidas pela contratante, teria provocado um atraso de 5 meses, o que fez a Administração considerar no cálculo do reequilíbrio econômico-financeiro a aplicação de multa por atraso previsto em contrato.

Por fim, a análise dos custos decorrentes da extensão de prazo foi toda abalizada pela parcela de atraso que coube à contratante, que foi de 9 e não de 14 meses, conforme inicialmente alegado pela contratada.

Assim, do valor inicialmente pleiteado, de **R\$ 36.629.000,00**, coube à contratada o montante de **R\$ 11.040.902,49**, cerca de 30% do valor pedido.

## **2 Conclusões e recomendações**

O presente estudo, ao utilizar modernas técnicas de abordagem de atraso de cronograma e de perda de produtividade, demonstra que é insuficiente encaminhar pleitos de reequilíbrio econômico-financeiro embasados em cenários simplistas como o gerado pelo método “Planejado vs. Executado” (“As planned vs. As built”), sem levar em conta a questão da produtividade natural da executante. Nesse aspecto, assume papel de relevância o uso do estudo “Measured Mile”, como o método mais indicado para a captura da perda de produtividade, por comparar a produtividade natural desempenhada pela contratada com aquela prevista por ela quando da contratação.

De igual forma, os indicadores de prazo previstos na prática tradicional de gerenciamento de projetos, conhecida como GVA – Gerenciamento de Valor Agregado, por basearem suas estimativas apenas no custo, mostram-se inadequados para o uso em estimação de tempo, sendo imperioso a adoção do conceito de Prazo Agregado, por basear suas estimativas no próprio prazo do empreendimento, trazendo maior precisão à análise investigativa de cronogramas.

Em decorrência das alegações acima expostas, alicerçadas no estudo de caso analisado, faz-se imprescindível abordar essas ponderações mediante revisão da Norma Técnica para Avaliação do Desequilíbrio Econômico-Financeiro de Contratos de Obras de Engenharia, adotada pelo IBAPE Nacional, a fim de que passe a considerar o efeito da produtividade natural da contratada.

## Referências

AACE (BRASIL). Prática Recomendada nº 25R-03 – Como Estimar Perda de Produtividade de Mão de Obra em Pleitos de Construção, 2004.

AACE (BRASIL). Prática Recomendada Nº 29R-03: Análise Investigativa de Cronograma, 2011

CABRITA, André Felipe Nunes. **ATRASOS NA CONSTRUÇÃO: CAUSAS, EFEITOS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

CRUZ, Ana Filipa de Oliveira Melo. **Estudo dos atrasos em edificações correntes**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2012.

LIPKE, Walter H. **Prazo Agregado**: Para a gerência do cronograma de execução. Rio de Janeiro: ES, 2009. 169 p. Tradução: Paulo André de Andrade, 2013.

MARTINS, Geovane Mendes. **(Im)produtividade na Construção**. 2014. Disponível em: <<http://www.hormigon.com.br/publicacao/improdutividade-na-construcao/>>. Acesso em: 29 nov. 2015.