

**ABORDAGEM TRIDIMENSIONAL DO PLEITO EM PERÍCIAS
ENVOLVENDO ANÁLISE DE PERDA DE PRODUTIVIDADE**

AUTOR

José Antoniel Campos Feitosa

REALIZAÇÃO

RESUMO

O artigo aborda o pleito de reequilíbrio por perda de produtividade em suas três vertentes: conduta, dano e nexos de causalidade. Analisa as metodologias *Measured Mile* e Análise de Valor agregado, e introduz inovações na apuração da produtividade natural, por meio de testes estatísticos, e da clusterização, como alternativa ao saneamento da amostra, afastando a subjetividade comum nessas etapas. Com uso do Prazo Agregado, é calculada a ociosidade no período, o que permite dimensionar a extensão total do dano. Apresenta e explica como aplicar a técnica “5 porquês”, voltada à descoberta de causa-raiz e de realce do nexo causal. Na quantificação da importância das causas, traz uma contribuição à Metodologia de Quantificação de Responsabilidades Concorrentes, afastando a subjetividade desta. É explicada a forma de quantificação do custo unitário por perda de produtividade. Com esses elementos — extensão do dano, custo unitário da perda de produtividade e responsabilidades das partes pelo dano —, é possível a análise completa do pleito, oferecendo ao perito um roteiro seguro para essa especialidade. Estudo de caso é apresentado, por meio do qual demonstra-se a aderência da metodologia proposta.

Palavras-chave: produtividade, *Measured Mile*, AVA, ociosidade

ABSTRACT

The article addresses the claim for rebalancing due to loss of productivity in its three aspects: conduct, damage and causality. It analyzes the *Measured Mile* and Added Value Analysis methodologies, and introduces innovations in the calculation of natural productivity, through statistical tests, and clustering, as an alternative to sample sanitation, removing the common subjectivity in these stages. With the use of the Aggregate Time, the idleness in the period is calculated, which allows dimensioning the total extension of the damage. It presents and explains how to apply the “5 whys” technique, aimed at discovering the root cause and enhancing the causal link. In quantifying the importance of the causes, it makes a contribution to the Concurrent Responsibilities Quantification Methodology, removing its subjectivity. It explains how to quantify the unit cost per loss of productivity. With these elements — extent of the damage, unit cost of lost productivity and liability of the parties for the damage — it is possible to carry out a complete analysis of the claim, offering the expert a safe guide for this specialty. A case study is presented, through which the adherence of the proposed methodology is demonstrated.

Keywords: productivity, *Measured Mile*, AVA, idleness.

REALIZAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Dentre as perícias relacionadas a pleitos de reequilíbrio econômico-financeiro de contratos, as que envolvem a análise de perda de produtividade demandam do perito o maior uso das ferramentas disponibilizadas pela Engenharia de Custos, o que requer o domínio desses conhecimentos por parte do expert.

Em perícias do gênero, é comum o perito ser instado a esclarecer não apenas as causas da perda de produtividade, mas também estimar o valor do dano financeiro dela decorrente e indicar responsabilidades. É, assim, uma perícia que requer uma abordagem tridimensional do pleito, calcada nos elementos constituintes da responsabilidade objetiva: conduta, dano e nexos causal.

A conduta das partes redonda nas causas desencadeadoras da perda de produtividade, sendo necessário, portanto, proceder ao levantamento exaustivo dessas causas, tanto quanto permitir o suporte registral disponibilizado ao especialista.

O dano financeiro decorrente da perda de produtividade é uma das parcelas do desequilíbrio econômico-financeiro do contrato, pois, havendo além da perda de produtividade a extensão do prazo, outras parcelas devem ser incluídas no reequilíbrio. Embora valores possam ser inicialmente apresentados em pleitos pela parte requerente, todas as parcelas envolvidas serão objeto de quantificação pela perícia. Para o escopo deste artigo, o objeto de estudo é o dano financeiro decorrente da perda de produtividade.

Por fim, o nexos causal, enquanto elemento que liga a conduta da parte ao dano verificado, é de obrigatória comprovação, sem a qual não há que se falar em responsabilizações.

O presente artigo abordará, pormenorizadamente, a forma de obtenção desses três elementos, de forma objetiva, apresentando novas ferramentas para suas apurações.

Serão mostradas ferramentas e técnicas de descobrimento de causa-raiz, de modo a deixar claro a ação ou inação da parte, permitindo a verificação do nexos causal entre a conduta/causa e o dano/desequilíbrio. Estabelecidas as causas, será utilizada inovadora metodologia de quantificação de sua importância, sem a subjetividade dominante nas metodologias atuais.

No tocante à apuração do dano, serão abordadas as duas metodologias mais importantes e usualmente indicadas: a *Measured Mile* (Produtividade Natural) e a Análise de Valor Agregado (AVA). Na possibilidade de uso da *Measured Mile*, será apresentada uma forma inovadora de obtenção da produtividade natural, com amparo em testes estatísticos, afastando a subjetividade na seleção de períodos impactados e não impactados. Uma vez estabelecida a produtividade natural, ou mesmo a utilização da produtividade *baseline*, será demonstrada mais uma inovação na quantificação do tempo ocioso por período (semanal, quinzenal, mensal) e,

consequentemente, na extensão do dano em todo o contrato, correspondente ao impacto total da ociosidade da mão de obra e equipamentos.

Na outra ponta, será visto a forma de contemplar as parcelas do custo que sofrem a ação da perda de produtividade, notadamente a mão de obra e os equipamentos, permitindo quantificar o custo unitário do dano financeiro. Esses dois parâmetros — extensão do dano e o seu custo unitário —, permitem quantificar o dano financeiro total, que é o valor da perda de produtividade que, por sua vez, integra o desequilíbrio econômico-financeiro reclamado.

Dessa forma, as questões que se esperam ver respondidas no presente artigo são as seguintes: *i.1) como identificar a(s) causa(s)-raiz deflagradora(s) da perda de produtividade? i.2) como quantificar a importância dessa(s) causa(s)? ii) como quantificar o dano financeiro decorrente da perda de produtividade? e iii) como verificar a existência de nexo de causalidade entre causa(s) e dano?*

O objetivo do artigo é, portanto, responder a esses questionamentos, que são usuais em perícias de valoração de desequilíbrio econômico-financeiro de contratos, apresentando ao perito uma metodologia de cálculo do valor da perda de produtividade, a partir de parâmetros isentos de subjetividade, alicerçada na conduta da parte, no dano financeiro verificado e no nexo causal interligando esses dois elementos.

É apresentado um estudo de caso, como forma de exemplificar a metodologia proposta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definições

Conforme consta nas DIRETRIZES PARA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE, publicação do IBAPE Nacional, produtividade pode ser entendida, dentre várias definições, como sendo “a razão entre a quantidade de produtos ou serviços produzidos e a quantidade de recursos utilizados” (2021, p. 11). E arremata: “produtividade refere-se a uma razão, um quociente entre duas grandezas: o produto (saídas) e os recursos (entradas).”

No mesmo sentido, ressalta Ricardo Salomão (2022, p. 212) que “Produtividade é a quantidade produzida por unidade de tempo, que também pode ser definida como a relação entre os resultados obtidos e o esforço demandado”.

Para a Prática Recomendada nº 25R-03, *Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção*, da AACE® International (2004, p. 2), a produtividade “refere-se às quantidades produzidas por hora de esforço do trabalhador”, podendo ser definida por qualquer uma das equações:

- Produtividade = Saída ÷ Entrada
- Produtividade = Unidades ÷ horas de trabalho

- Produtividade = (Produção total) ÷ (total de horas de trabalho)

Definida a produtividade, a perda de produtividade pode ser compreendida como “o aumento do custo de desempenho causado por uma mudança nos recursos previstos ou planejados, condições ou método de trabalho da Contratada.” (AACE, 2004, p. 11).

Sob a ótica das obrigações, a perda de produtividade para Eduardo Grebler:

consiste na diferença entre a produção contratada e a produção alcançada, que se reflete no cumprimento, ou não, dos prazos estabelecidos no cronograma do contrato e dos custos acordados entre as partes. (...) a improdutividade em regra se reflete no descumprimento dos prazos e custos contratados, por fato de responsabilidade de uma ou de ambas as partes.

[GREBLER, 2014, p. 26;31]

O autor reforça o papel do cronograma e do acompanhamento de custos como elementos de monitoramento da perda de produtividade:

Na quase totalidade dos contratos, a perspectiva jurídica da improdutividade é analisada sobre o prisma dos prazos e custos. (...). Caracterizados os efeitos da improdutividade pelos mecanismos de aferição do andamento do empreendimento (cronograma e acompanhamento de custos), segue-se a necessidade de se determinar suas causas e seus efeitos.

[GREBLER, 2014, p. 26;28]

Por sua vez, Simon Braithwaite (2017, sl. 30), destaca que o estabelecimento do direito a um ressarcimento por perda de produtividade requer três provas principais:

- Responsabilidade - direito contratual de recuperar devido a um problema
- Causação - relação de causa e efeito entre a ação / inação por uma parte e a resultante lesão ou impacto em outra
- Danos - a magnitude do impacto para a pessoa lesada

2.2 Do equilíbrio econômico-financeiro do contrato

Consoante a precisa lição de Ricardo Salomão:

Quando as partes celebram um contrato, elas estão também desenhando a equação contratual. Naquele momento, com as variáveis básicas devidamente pactuadas, entende-se que o contrato está em equilíbrio e esta noção é muito importante para a investigação pericial posterior. Em outras palavras, somente se pode falar em análise de um desequilíbrio econômico-financeiro se as condições de equilíbrio forem conhecidas.

[SALOMÃO, 2022, p. 207]

Conhecidas, então, as condições pactuadas, o autor define o que vem a ser o desequilíbrio, nos seguintes termos: “pode-se então definir um desequilíbrio econômico-financeiro como uma alteração, sem contrapartidas compensatórias, em uma ou mais das variáveis que constituem a equação contratual.” (Salomão, 2022, p. 208)

No mesmo sentido e detalhando o que seria a equação contratual, Maçahico Tisaka leciona:

Quando uma empresa vence uma licitação de uma determinada obra e assina o contrato, com as condições constantes no edital, as especificações técnicas, os quantitativos e custos unitários constantes na planilha de orçamento, as Leis sociais e encargos complementares utilizados, a composição do BDI, preço global e o cronograma físico-financeiro definido pelo prazo estipulado na proposta, significa que a manutenção de todos esses elementos representa a equação econômico-financeiro inicial do contrato, os quais se pressupõe equilibrados para todos os efeitos.

A alteração de qualquer uma dessas condições provoca o seu desequilíbrio, havendo a necessidade de buscar o seu reequilíbrio, para que qualquer uma das partes não saia prejudicada.

[TISAKA, 2011, p. 89]

2.3 Da importância do cronograma físico-financeiro

Registra a Prática Recomendada nº 45R-08: *Métodos de Proteção contra Pleitos Relacionados a Cronograma*, da AACE® International, que:

O cronograma mais importante para a fase de execução do projeto é o cronograma de linha de base. Contudo, o segundo cronograma mais importante é o cronograma como executado (“as-built”) quando estiver relacionado à resolução bem sucedida de pleitos por atraso. (...) Quando o cronograma é desenvolvido adequadamente, além de ser rigorosamente mantido e apoiado pela documentação do projeto, ele é um elemento vital para a resolução de pleitos por atraso.

[AACE, 2009, p. 11]

Roberto Sales Cardoso explica o porquê da relevância do cronograma “as built”, nos seguintes termos:

O cronograma possibilita o controle do desempenho da contratada por meio da comparação entre os valores das medições mensais propostas e as realizadas. Percentuais mensais realizados com valores inferiores aos previstos

caracterizam atraso, podendo ensejar a aplicação de multa por parte da fiscalização.

[CARDOSO, 2016, p. 214]

Maçahico Tisaka adverte que o cronograma “precisa ser constantemente atualizado e a sua descontinuidade pode prejudicar os argumentos para fundamentar os pedidos” (Tisaka, 2011, p. 175).

2.4 Das metodologias utilizadas para estimar a perda de produtividade

Em relação às metodologias usualmente aceitas para estimação da perda de produtividade, a Prática Recomendada nº 25R-03 – *Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção*, cita um conjunto delas, sendo objeto deste artigo as duas tidas como preferenciais: o estudo *Measured Mile* e a Análise de Valor Agregado (AVA).

2.4.1 O cálculo *Measured Mile*

A primeira delas — o cálculo *Measured Mile* —, é assim definida na já clássica definição dada por Schwartzkopf:

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.

[SCHWARTZKOPF, 1995, Apud AACE, 2004, p. 16]

Ante a dificuldade em se comparar atividades idênticas em períodos impactados e não impactados, a justiça norte-americana decidiu que é permitida a comparação da produtividade observada em atividades idênticas ou similares, ocorridas:

- a) em períodos não impactados versus períodos impactados; e
- b) em períodos menos impactados versus períodos impactados.

A forma de calcular essa produtividade natural é explicada no protocolo citado da seguinte forma:

Unidades físicas de trabalho concluído divididas por horas despendidas para concluir tais itens de trabalho determinam a produtividade durante o período

menos afetado ou não afetado. Então, um cálculo semelhante é executado para o período do impacto. A perda de produtividade pode então ser calculada pela subtração do índice de produtividade unitária durante o período impactado, da produtividade unitária durante o período não afetado.

[AACE, 2004, p. 17]

Conforme lembra Simon Braithwaite (2017, sl. 58), caso não haja período *Measured Mile* definido, a *baseline* pode ser adotada.

É de se ressaltar que o cálculo *Measured Mile* se reporta a identificar a diferença entre a produtividade própria da contratada, que é a produtividade independente de impacto, e aquela obtida em situação de impacto, sendo relevante alertar que, no caso de contratos, o equilíbrio se reporta à aferição com a produtividade pactuada, ou seja, a produtividade *baseline*, constante na proposta.

A produtividade natural pode ser inferior, igual ou superior a essa produtividade pactuada (*baseline*), sendo então conveniente calcular um fator que compare essas duas produtividades, a fim de se estimar, antes mesmo de analisar os impactos, qual seria o desempenho da contratada caso não houvesse impactos.

É o que diz Ricardo Salomão, ao definir os requisitos mínimos que uma metodologia de estimação de perda de produtividade deve ter: “Para quantificar o rompimento com rigor e precisão, uma metodologia precisa ser capaz de (1) explicar as causas de variações na produtividade e retrabalho e (2) avaliar o que teria acontecido em condições normais.” (2022, p. 215)

Para se estimar a relação entre a produtividade pactuada (*baseline*) e a produtividade natural da contratada, pode-se lançar mão do cálculo do Fator de produtividade, assim definido pela Prática Recomendada nº 25R-03: *Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção* (AACE, 2004, p. 3):

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

Compreenda-se a “Produtividade Real” como sendo a produtividade natural, calculada pela *Measured Mile*.

Caso esse fator seja maior que 1, significa que, *ceteris paribus*, a contratada concluiria o projeto antes do prazo pactuado. Para um fator inferior a 1, o projeto seria concluído com atraso e, em caso de igualdade, $F_p = 1$, o projeto seria concluído no prazo pactuado.

2.4.2 Análise de Valor Agregado

A outra metodologia abordada pela Prática Recomendada nº 25R-03, e objeto deste artigo, é a Análise de Valor Agregado (AVA), cuja forma de mensuração da perda de produtividade é assim descrita:

A estimativa da Contratada ou, em alternativa, o valor em dólares dos pedidos de pagamento, valores contratuais ou preços unitários podem ser usados para determinar as horas de mão de obra, quando elas foram despendidas e, possivelmente, em quais atividades. Unidades físicas de trabalho concluídas multiplicadas pelos índices de orçamento unitário podem ser usadas para determinar horas agregadas. As horas agregadas são então comparadas às horas reais gastas para o período do impacto e a diferença entre as duas pode ser usada para calcular a perda de produtividade vivenciada.

[AACE, 2004, p. 17]

Ricardo Salomão estabelece o limite máximo para a perda de produtividade, ao tempo que já adianta sobre quais parcelas é calculado esse impacto:

A quantificação da improdutividade/ociosidade requer conhecimentos específicos sobre esta área da Engenharia de Custos. A primeira coisa que deve ser calculada é o limite máximo desse impacto, que é a diferença entre os histogramas reais e previstos, de mão de obra e de equipamentos. Nenhum cálculo de improdutividade/ociosidade poderá resultar em maior valor do que o preço destas diferenças.

[SALOMÃO, 2022, p. 223]

2.5 Técnica de descobrimento de Causas-raiz desencadeadoras de perda de produtividade

A literatura técnica especializada elenca inúmeras causas que desencadeiam atrasos e perda de produtividade, não sendo objetivo deste artigo, portanto, o de reproduzi-las. Buscar-se-á, no entanto, a forma de como isolar essas causas dentre os registros disponibilizados, mediante uso de técnica de descobrimento e de realce do nexo de causalidade. Nesse sentido, se destaca a técnica denominada “5 porquês”, que pode ser traduzida como uma verticalização e aprofundamento do *brainstorming*¹, sendo aplicada em cada uma das categorias de causas do Diagrama de Ishikawa² e cujo produto seria a condensação das diversas causas da respectiva categoria em uma única causa, que vem a ser a causa-raiz da categoria em análise.

É uma técnica poderosa que permite, por meio da formulação de uma única pergunta, “Por que (...)?”, aprofundar o conhecimento sobre determinado assunto (ENAP, 2015, p. 13).

¹ “é conhecida também como “tempestade de ideias” e objetiva a produção de um grande número de ideias criativas. Permite explorar ideias de todos os participantes, para a tomada de decisão.” (ENAP, 2015, p.5)

² “Desenvolvido no Japão em 1943, por Kooru Ishikawa, permite ainda representar a relação entre problema e todas as possibilidades de causas que podem implicar esse efeito.”(ENAP, 2015, p. 10)

A técnica consiste em transformar a resposta da pergunta “1” na pergunta “2”, a resposta da pergunta “2” na pergunta “3”, e assim sucessivamente. A quantidade “5” que nomina a técnica é meramente referencial, podendo as perguntas sucessivas, a critério do operador, encerrarem-se com uma quantidade menor.

Outro aspecto relevante no uso da técnica é a forma da estruturação da causa-raiz, que se dá partindo da última resposta (a causa-raiz) em direção à primeira. Ao final da descrição, elege-se um título para essa causa-raiz.

Por fim, como a descrição da causa-raiz se faz desde a causa primeira até o efeito, as condutas vão, igualmente, tomando realce, de forma que o nexos causal vai se configurando, permitindo identificar a parte, ou partes, causadoras do evento danoso.

Existindo o dano e contendo as causas o devido rastreamento das condutas, assim viabilizado pelo uso da técnica do “5 porquês”, pode-se, enfim, estabelecer, no dizer de Ricardo Salomão (2022, p. 218), a responsabilidade técnica, de maneira fundamentada, sem se ocupar com o elemento culpa, mas deixando inequívoca a caracterização do nexos causal, ligando a conduta do agente ao dano verificado.

2.6 Responsabilidades concorrentes

As *Diretrizes Para Análise De Produtividade Em Perícias De Engenharia* (2021, p. 30/31) recepciona, no caso de haver responsabilidades concorrentes na produção do dano, a Metodologia de Quantificação de Responsabilidades Concorrentes, que é objeto do Boletim Técnico Btec - 2021/011, do IBAPE Nacional, nos seguintes termos:

O Perito pode, dentre outros métodos, utilizar a “Metodologia de Quantificação de Responsabilidades Concorrentes – (...). Para tanto, vale-se de aparato matemático disponibilizado por algumas técnicas, como a metodologia AHP - *Analytic Hierarchy Process* (Método de Análise Hierárquica) (...) É a responsabilidade concorrente, portanto, quantificada em duplo grau, conforme as etapas da formação do dano: i) grau de importância das causas na ocorrência do dano; e ii) grau de participação da parte em cada uma das causas.

[OCTAVIO GALVÃO NETO, p. 31]

2.7 Das parcelas do custo que sofrem a ação da ociosidade e do atraso

Para Aquiles da Costa (2016, p. 98), na hipótese de sobrevirem fatos extraordinários, impactantes, “deverá ser assegurada a necessária recomposição de todo e qualquer custo adicional”, inclusive “aqueles relativos à subutilização do pessoal e dos equipamentos mobilizados no período em que perduraram estes fatores”.

É no mesmo sentido o entendimento de Ricardo Salomão:

Especial destaque deve ser dado à identificação de ocorrências de improdutividade e ociosidade de recursos materiais e humanos (equipamentos e mão de obra), visto que esses eventos representam desembolsos realizados, por uma ou por ambas as partes, sem a contrapartida do avanço físico esperado, o que afeta diretamente a equação contratual.

[SALOMÃO, 2022, p. 206]

3. METODOLOGIA

Será apresentada a metodologia proposta para a abordagem tridimensional de um pleito envolvendo perda de produtividade, contemplando: *i)* como quantificar física e financeiramente o dano; *ii)* como quantificar a importância das causas desencadeadoras do dano; e *iii)* como estabelecer o nexo de causalidade, como liame ente a conduta da parte que redundou nas causas e o dano financeiro decorrente.

3.1 O cálculo *Measured Mile*

Configurado o desempenho impactado de um projeto, há a necessidade de se comparar tal performance com uma outra que tenha sido pactuada entre as partes, integrante da equação contratual. Esse desempenho é representado pela produtividade *baseline*, ou da linha de base.

Ocorre que, uma vez apresentado um pleito de reequilíbrio econômico-financeiro, as partes tendem a discutir, de forma diametralmente opostas, a validade técnica dessa produtividade referencial: do lado da contratada, a afirmação de que não cumpriu com a produtividade pactuada em face dos impactos provocados pela contratante; do lado da contratante, a afirmação de que a prática da contratada destoava da pactuada e que, mesmo na ausência dos impactos alegados, a mesma não estaria cumprindo com o pactuado.

Para dirimir a celeuma, passou-se então a avaliar qual seria a produtividade natural da contratada num cenário em que não houvesse impactos. A partir dessa aferição, estabelecer-se-ia um novo marco temporal técnico — mas não um marco jurídico —, que permitiria avaliar a perda de produtividade advinda exclusivamente dos impactos, sem interferência da performance da contratada³. A forma de avaliar essa produtividade natural da contratada é conhecida como Cálculo *Measured Mile*.

3.1.1 Identificação de períodos não impactados

Considere-se um projeto com custo de \$ 100, prazo de execução previsto de 8 meses, mas executado em 16, conforme representado no cronograma a seguir.

³ Do ponto de vista obrigacional, o possível atraso decorrente exclusivamente de uma performance da contratada abaixo da pactuada, deve ser abordada entre as partes de forma apartada. (Nota do autor)

Tabela 1 – Cronograma físico-financeiro (exemplo)

Desemp.nat	0,0	1,5	3,1	4,6	6,2	7,7	9,2	10,8	12,3	13,8	15,4	16,9	18,5	20,0	21,5	23,1	24,6
mês	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VP	0	10	25	40	60	80	90	95	100								
VA	0	5	8	11	15	22	30	35	38	41	52	58	60	75	88	95	100
n1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	7	7
n2	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	8	8
VPn1	0	0	0	10	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	80	95	95
VPn2	0	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	60	80	80	90	100	100
PA		0,50	0,80	1,07	1,33	1,80	2,33	2,67	2,87	3,05	3,60	3,90	4,00	4,75	5,80	7,00	8,00
Pplan		10,00	10,00	11,25	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	16,36	20,00	20,00	20,00	20,00	12,38	5,83	5,00
Pexec		5,00	3,00	3,00	4,00	7,00	8,00	5,00	3,00	3,00	11,00	6,00	2,00	15,00	13,00	7,00	5,00
Fp = Pexec/Pplan		0,50	0,30	0,27	0,27	0,47	0,53	0,33	0,20	0,18	0,55	0,30	0,10	0,75	1,05	1,20	1,00
Atraso		0,50	1,20	1,93	2,67	3,20	3,67	4,33	5,13	5,95	6,40	7,10	8,00	8,25	8,20	8,00	8,00
Impacto		0,25	0,35	0,37	0,37	0,27	0,23	0,33	0,40	0,41	0,23	0,35	0,45	0,13	-0,03	-0,10	0,00

Fonte: elaborado pelo autor

Onde:

VP e VA: valores planejado e agregado (medido), respectivamente.
n1 e n2: nº dos meses que delimita o intervalo em VP que contém o VA.
VPn1 e VPn2: Valores planejados em n1 e n2, respectivamente
PA: prazo agregado, dado pela expressão:

$$PA = n1 + \frac{(VA - VPn1)}{(VPn2 - VPn1)}$$

Pplan: Produtividade planejada em “n” = $(VAn - VAn-1)/(PAn - PAn-1)$

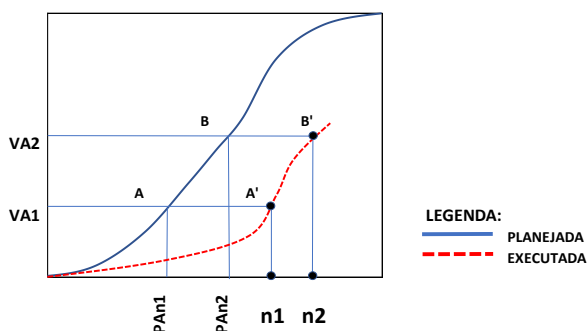
Pexec: Produtividade executada em “n” = $(VAn - VAn-1)/(n - n-1)$

Atraso: indica quanto o projeto está atrasado no mês considerado = mês – PA

Fp: Fator de produtividade = Pexec / Pplan

Para compreensão da metodologia proposta, as curvas de desempenho previsto e realizado estão representadas na figura a seguir.

Figura 1 – Desempenho previsto x executado



Fonte: elaborado pelo autor

O modo usual de calcular a *Measured Mile* consiste em identificar atividades iguais ou semelhantes e comparar a sua produtividade em período impactado e não impactado (ou pouco impactado). A fim de afastar a subjetividade desse processo, será admitida a premissa de que, conforme a Figura 1, e desde que não tendo havido alteração no sequenciamento, as atividades planejadas no segmento AB são as mesmas executadas em A'B', apenas variando o prazo da execução. Essa premissa é verossímil, pois sendo a curva planejada a totalização dos VPs de todas as atividades do respectivo mês, esse conjunto de atividades será reproduzido na curva executada, apenas num prazo maior (ou mesmo menor) que o planejado. No caso de a sequência das atividades ter sido alterada, será necessário refazer a curva planejada, de modo a retratar a sequência real das atividades, a fim de que a premissa continue válida.

Dessa forma, o que se pretende doravante é encontrar a maior amostra possível de produtividades planejadas e executadas que possam ser consideradas como participantes de um mesmo universo, no caso, do universo das atividades não impactadas, pois a produtividade planejada provém desse cenário não impactado.

A estatística condiciona a comparabilidade entre grupos ao teste de igualdade das médias, no caso de amostra com distribuição normal, ou comparando os postos de posição, no caso de dados sem distribuição normal, ou não-paramétricos, e desde que, em ambas as situações, atenda-se ao nível de significância estipulado para o teste de igualdade.

Caso os dois grupos de produtividades, Pplan e Pexec, possam ser considerados partícipes de um mesmo universo, será realizado o cálculo do Fator de produtividade ($F_p = P_{exec}/P_{plan}$), considerando para cada produtividade o valor da tendência central adequada ao caso (a média aritmética, no caso de dados paramétricos, ou a mediana, para dados não-paramétricos). Para valores de F_p igual a 1, significa que $P_{plan} = P_{exec}$, e que a produtividade natural é, portanto, igual à planejada. Caso F_p seja maior que 1, significa que a produtividade natural é maior que a produtividade *baseline* e, por fim, caso F_p resulte menor que a unidade, significará que a produtividade natural é inferior à planejada (*baseline*) e que, caso o projeto não fosse impactado, o mesmo seria executado com atraso, tendo em vista a produtividade natural ser inferior à pactuada.

Para o exemplo em tela, organizou-se os dados, por comodidade, seguindo a ordem decrescente do F_p , conforme tabela a seguir.

Tabela 2 – Teste de igualdade para as produtividades

item	mês	Pplan	Pexec	Fp	Normalidade	Igualdade	
					Shapiro-Wilk	Wilcoxon	t pareado
1	15	5,83	7	1,20			
2	14	12,38	13	1,05	1,0000		0,1894
3	16	5,00	5	1,00	0,1972		0,2194
4	13	20,00	15	0,75	0,3982		0,6108
5	10	20,00	11	0,55	0,1682		0,2853
6	6	15,00	8	0,53	0,2751		0,1322
7	1	10,00	5	0,50	0,4099		0,0641
8	5	15,00	7	0,47	0,2896		0,0266
9	7	15,00	5	0,33	0,1089		0,0113
10	2	10,00	3	0,30	0,2916		0,0043
11	11	20,00	6	0,30	0,1813		0,0025
12	3	11,25	3	0,27	0,1382		0,0009
13	4	15,00	4	0,27	0,0776		0,0003
14	8	15,00	3	0,20	0,0404	0,0029	
15	9	16,36	3	0,18	0,0186	0,0018	
16	12	20,00	2	0,10	0,0255	0,0012	

Fonte: elaborado pelo autor

Para todos os testes foi estabelecido o nível de significância de 5%. O primeiro teste aplicado é o Shapiro-Wilk, para verificação da normalidade. Caso o conjunto de dados dos dois grupos atenda ao pressuposto da normalidade, serão comparados utilizando-se o teste t pareado⁴; caso contrário, o teste de Wilcoxon. Conforme tabela acima, apenas o subgrupo de 7 dados de cada tipo de produtividade podem ser tidos como participantes de um mesmo universo⁵ (p-valor > 0,05). Estatisticamente, a um nível de significância de 5%, esses dois grupos de 7 dados cada, podem ser tidos como iguais. A tabela a seguir ilustra a seleção final de produtividades comparáveis.

⁴ Conforme (Souto e Souto, 2020, p. 63), a forma pareada, de “par a par”, é indicada pois se pretende comparar um mesmo grupo de atividades cujo desempenho deu-se em momentos distintos: conforme planejado e conforme executado.

⁵ A hipótese nula, h_0 , é de que, a um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), os grupos são iguais.

Tabela 3 – Teste de igualdade para as produtividades – amostra final

item	mês	Pplan	Pexec	Fp	Normalidade	Igualdade	
					Shapiro-Wilk	Wilcoxon	t pareado
1	15	5,83	7	1,20			
2	14	12,38	13	1,05	1,0000		0,1894
3	16	5,00	5	1,00	0,1972		0,2194
4	13	20,00	15	0,75	0,3982		0,6108
5	10	20,00	11	0,55	0,1682		0,2853
6	6	15,00	8	0,53	0,2751		0,1322
7	1	10,00	5	0,50	0,4099		0,0641
8	5	15,00	7	0,47	0,2896		0,0266
9	7	15,00	5	0,33	0,1089		0,0113
10	2	10,00	3	0,30	0,2916		0,0043
11	11	20,00	6	0,30	0,1813		0,0025
12	3	11,25	3	0,27	0,1382		0,0009
13	4	15,00	4	0,27	0,0776		0,0003
14	8	15,00	3	0,20	0,0404	0,0029	
15	9	16,36	3	0,18	0,0186	0,0018	
16	12	20,00	2	0,10	0,0255	0,0012	

Fonte: elaborado pelo autor

Como o teste que por último selecionou os dados se trata do teste t pareado, que é um teste paramétrico, o Fator de produtividade será a razão entre a média aritmética de Pexec e a média aritmética de Pplan. Todavia, antes de se proceder a esse cálculo, faz-se necessário um saneamento dessa amostra, a fim de afastar os dados discrepantes. Optou-se pela clusterização por k-means, para 3 clusters, no qual o central será tido como o representativo e os demais, discrepantes. Seguem os cálculos do saneamento da amostra.

Figura 2 – Saneamento da amostra final (exemplo)

mês	Pplan	Pexec	Fp	Item	Cluster
15	5,83333	7	1,2	1	2
14	12,381	13	1,05	2	3
16	5	5	1	3	2
13	20	15	0,75	4	3
10	20	11	0,55	5	3
6	15	8	0,53333	6	1
1	10	5	0,5	7	1
média_1	12,5	6,5	0,52	menor	
média_2	5,41667	6	1,10769	maior	
média_3	17,4603	13	0,74455	meio	

Fonte: elaborado pelo autor

O cluster 3 é o de valor intermediário, devendo ser o selecionado para representar a amostra saneada. Vê-se que a amostra final selecionada é composta

pelos meses 10, 13 e 14. De um total de 16, esses se mostram relativamente distantes dos segmentos iniciais e finais da curva, o que é um ponto favorável. Em todo caso, estabelece-se como critério de admissão de dados, após o saneamento, aqueles contidos no intervalo de 10% a 90% do prazo total estendido. Caso não haja dados dentro desse intervalo, será considerada prejudicada a aferição da produtividade natural, ocasião em que se sugere a adoção da produtividade da linha de base (*baseline*), conforme pactuada.

Para o exemplo em tela, o limite seria de 1,6 meses (10% de 16) a 14,4 meses (90% de 16); como os dados finais se referem às medições dos meses 10, 13 e 14, todos os três dados serão considerados como representativos.

3.1.2 Determinação da produtividade natural

A verificação da produtividade natural é realizada a partir da comparação das médias dos dois grupos, para os meses selecionados, conforme cálculos a seguir.

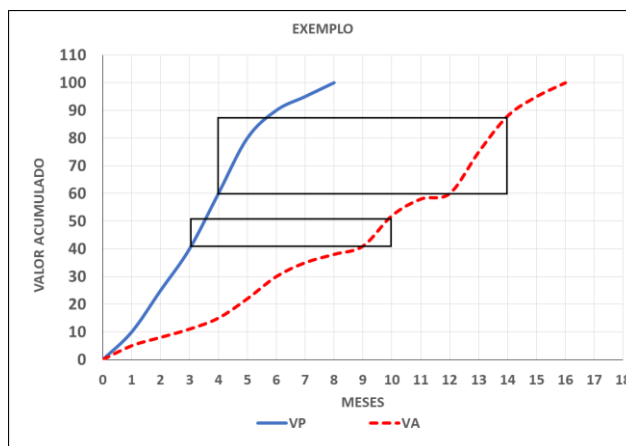
Tabela 4 – Cálculo *Measured Mile* – produtividade natural

item	mês	Pplan	Pexec	Fp	Normalidade	Igualdade	
					Shapiro-Wilk	Wilcoxon	t pareado
1	15	5,83	7	1,20			
2	14	12,38	13	1,05	1,0000		0,1894
3	16	5,00	5	1,00	0,1972		0,2194
4	13	20,00	15	0,75	0,3982		0,6108
5	10	20,00	11	0,55	0,1682		0,2853
6	6	15,00	8	0,53	0,2751		0,1322
7	1	10,00	5	0,50	0,4099		0,0641
8	5	15,00	7	0,47	0,2896		0,0266
9	7	15,00	5	0,33	0,1089		0,0113
10	2	10,00	3	0,30	0,2916		0,0043
11	11	20,00	6	0,30	0,1813		0,0025
12	3	11,25	3	0,27	0,1382		0,0009
13	4	15,00	4	0,27	0,0776		0,0003
14	8	15,00	3	0,20	0,0404	0,0029	
15	9	16,36	3	0,18	0,0186	0,0018	
16	12	20,00	2	0,10	0,0255	0,0012	
Média		17,46	13,00	0,74	=> Produtividade Natural		

Fonte: elaborado pelo autor

Os períodos selecionados como participantes de um mesmo universo, e que por isso são considerados comparáveis, estão representados na figura a seguir.

Figura 3 – Períodos não impactados comparáveis (exemplo)



Fonte: elaborado pelo autor

Com efeito, percebe-se, inclusive visualmente, que os segmentos selecionados são comparáveis (inclinações semelhantes) e, portanto, pertencentes à categoria de não impactados, ou pouco impactados, uma vez que a comparação é feita com um padrão de produtividade (a de *baseline*) que se admite isenta de impactos.

Concluiu-se, então, que a produtividade natural da contratada foi de 74% da produtividade pactuada (de *baseline*), o que levaria, *ceteris paribus*, ao atraso do projeto independente da existência de impactos provocadores de perda de produtividade.

Com esse valor de produtividade natural, é possível agora simular o cenário do projeto com três curvas: a planejada (pactuada entre as partes), a executada (impactada) e a do desempenho natural, que seria aquela que teria ocorrido na ausência de impactos. Para o cálculo das novas datas, é necessário multiplicar as atuais por (1/Prod. Nat.), conforme tabela a seguir.

Tabela 5 – Cronograma físico-financeiro – desempenho natural (exemplo)

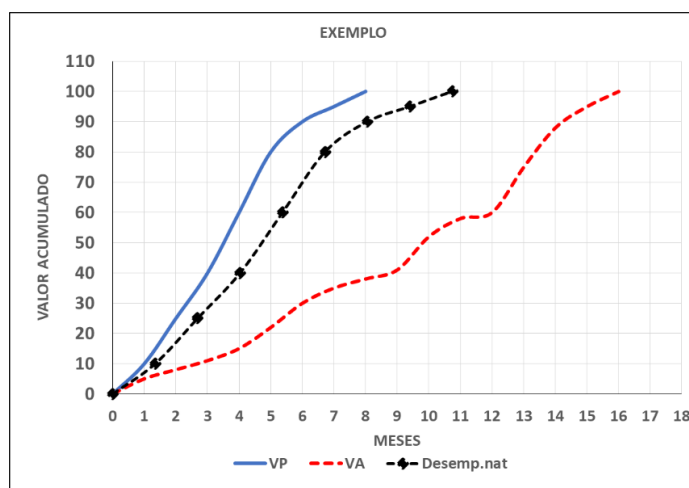
Desemp. Nat.	0,0	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	10,7	12,1	13,4	14,8	16,1	17,5	18,8	20,1	21,5
mês	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VP	0	10	25	40	60	80	90	95	100								
VA	0	5	8	11	15	22	30	35	38	41	52	58	60	75	88	95	100
n1	0	0,0	0,0	1,3	1,3	1,3	2,7	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	5,4	5,4	6,7	9,4	9,4
n2	0	1,3	1,3	2,7	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	5,4	5,4	5,4	6,7	6,7	8,1	10,7	10,7
VPn1	0	0	0	10	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	80	95	95
VPn2	0	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	60	80	80	90	100	100
PA		0,50	0,80	1,41	1,68	2,14	3,02	3,35	3,55	4,08	4,63	4,93	5,37	6,12	7,52	9,40	10,40
Atraso		0,50	1,20	1,59	2,32	2,86	2,98	3,65	4,45	4,92	5,37	6,07	6,63	6,88	6,48	5,60	5,60

Fonte: elaborado pelo autor

n1 e n2 agora se reportam aos nº dos meses de “Desempenho natural” que delimitam o intervalo em VP que contém o VA. Com isso, o valor de PA se altera, com reflexo direto no cálculo do atraso.

O gráfico contendo os três cenários é o seguinte.

Figura 4 – Desempenho previsto x natural x executado (exemplo)



Fonte: elaborado pelo autor

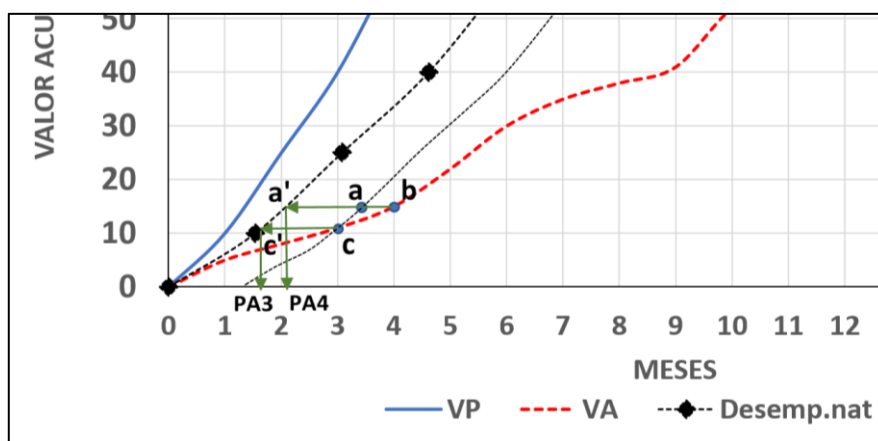
Além da curva representando o desempenho impactado (linha tracejada, em vermelho), vê-se essas duas curvas: a do desempenho previsto (traço cheio, em azul) e a do desempenho natural (traço-ponto, na cor preta), deslocada daquela em $(10,7 - 8 =) 2,7$ meses, que seria o atraso com que a contratada chegaria ao término do projeto, mesmo sem impactos, apenas por seu próprio desempenho.

Comparando os dois cronogramas (Tabela 1 e Tabela 5), vê-se que o atraso total caiu de 8 meses — quando a referência era a *baseline* —, para 5,6 meses, quando a referência passou a ser o próprio desempenho natural, baseado na produtividade natural calculada pela *Measured Mile*.

3.2 Extensão do dano

Com esse novo padrão de desempenho, serão calculados os períodos de ociosidade mês a mês, mediante à diferença de tempo entre o período impactado e o período que levaria caso a contratada pudesse ter empreendido o seu desempenho natural. Para tanto, será admitido que a contratada estava com a sua estrutura (mão de obra e equipamentos) disponível no início de cada mês, conforme a programação dos serviços a serem executados. Assim, para a mensuração mensal da perda de produtividade, a curva do desempenho natural será deslocada até atingir o mês em que se quer medir essa perda, conforme explicado na figura a seguir, onde se pretende medir a ociosidade ocorrida no mês 4.

Figura 5 – Detalhamento do cálculo da ociosidade (exemplo)



Fonte: elaborado pelo autor

O número do mês representa o seu final. O VA do mês 4 é o indicado pela letra **b**, cujo início deu-se em 3, na letra **c**. Dessa forma, a produção do mês 4 é a diferença entre **b** e **c**. Ao deslocar a curva do desempenho natural para o início do período que se quer medir, ou seja, para o ponto **c**, e considerando que o VA em **a** = VA em **b**, vê-se que a mesma produção de **c** até **b** seria obtida de **c** para **a**, só que num período de tempo menor. Isso significa que, caso não houvesse impacto, o VA do mês 4 seria obtido num tempo inferior a 1 mês, ou seja, nesse período de **a** até **b** a contratada ficou ociosa, com a sua estrutura mobilizada, realizando desembolsos, mas sem produzir. É esse intervalo de tempo, de **a** até **b**, que se quer então calcular. Todavia, esse período é o tempo máximo de dias no mês em que a contratada ficou ociosa. Como no início do mês (ponto **c**) esse período de ociosidade era igual a zero, o tempo médio de ociosidade no mês é a média entre 0 e **ab**.

O PA do ponto **c** (mês 3) pode ser calculado, sendo igual a PA3; da mesma forma, o PA do ponto **b** (mês 4) também pode ser calculado, sendo igual a PA4.

O atraso verificado em **c**, em relação à curva do desempenho natural, é igual a 3 – PA3, que é igual ao segmento **c'c**; assim como o atraso verificado em **b** é igual a 4 – PA4, que é igual ao segmento **a'b**. Como **c'c** = **a'a** — pois trata-se do quanto a curva do desempenho natural se deslocou —, a distância buscada, **ab**, é igual à diferença entre os atrasos verificados em **b** e **c**, conforme acima calculados.

Com base em todo o exposto, o impacto médio em cada período de medição pode ser dado pela expressão seguinte:

$$In = \frac{[(n - PAn) - (n-1 - PAn-1)]}{2} \quad (3)$$

Onde:

- In: impacto médio, em meses, relativo à ociosidade no mês “n”
- n: nº do mês considerado
- n-1: nº do mês anterior
- PA_n: prazo agregado referente ao mês “n”
- PA_{n-1}: prazo agregado referente ao mês anterior

Acrescentando essa parcela de impacto na tabela do exemplo, vem:

Tabela 6 – Cronograma físico-financeiro – tempo ocioso (exemplo)

Desemp. Nat.	0,0	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	10,7	12,1	13,4	14,8	16,1	17,5	18,8	20,1	21,5
mês	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VP	0	10	25	40	60	80	90	95	100								
VA	0	5	8	11	15	22	30	35	38	41	52	58	60	75	88	95	100
n1	0	0,0	0,0	1,3	1,3	1,3	2,7	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	5,4	5,4	6,7	9,4	9,4
n2	0	1,3	1,3	2,7	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	5,4	5,4	5,4	6,7	6,7	8,1	10,7	10,7
VPn1	0	0	0	10	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	80	95	95
VPn2	0	10	10	25	25	25	40	40	40	60	60	60	80	80	90	100	100
PA		0,50	0,80	1,41	1,68	2,14	3,02	3,35	3,55	4,08	4,63	4,93	5,37	6,12	7,52	9,40	10,40
Atraso		0,50	1,20	1,59	2,32	2,86	2,98	3,65	4,45	4,92	5,37	6,07	6,63	6,88	6,48	5,60	5,60
Impacto		0,25	0,35	0,20	0,37	0,27	0,06	0,33	0,40	0,24	0,23	0,35	0,28	0,13	-0,20	-0,44	0,00

Fonte: elaborado pelo autor

Os valores positivos, em vermelho, referem-se aos períodos mensais de ociosidade; os valores negativos, em verde, podem estar representando uma melhoria na performance da contratada, ou mesmo uma aceleração, a qual deve ser tratada à parte, em pleito específico.

O somatório dos períodos mensais de ociosidade, Δt , representa a extensão do dano, uma das parcelas necessárias ao cálculo do desequilíbrio decorrente da perda de produtividade. Para o exemplo acima, somando-se apenas os valores positivos, $\Delta t = 3,44$ meses de ociosidade.

3.3 Custo financeiro do dano verificado

3.3.1 Perda de produtividade usando a Análise de Valor Agregado (AVA)

O desenvolvimento das fórmulas que permitem utilizar a AVA na quantificação da perda de produtividade, advém desse excerto da Prática Recomendada nº 25R-03 – *Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção*:

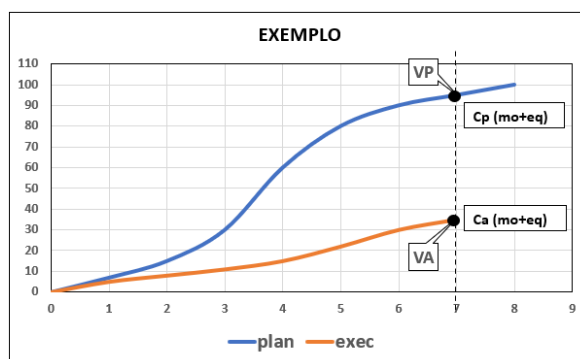
A estimativa da Contratada ou, em alternativa, o valor em dólares dos pedidos de pagamento, valores contratuais ou preços unitários podem ser usados para determinar as horas de mão de obra, quando elas foram despendidas e, possivelmente, em quais atividades. Unidades físicas de trabalho concluídas multiplicadas pelos índices de orçamento unitário podem ser usadas para

determinar horas agregadas. As horas agregadas são então comparadas às horas reais gastas para o período do impacto e a diferença entre as duas pode ser usada para calcular a perda de produtividade vivenciada.
[AACE, 2004, p. 17]

Como se sabe, a AVA trabalha com três tipos de custos: o valor planejado (VP), o custo real (CR) e o valor agregado (VA), ou seja, o valor medido.

Na primeira parte da descrição acima, é ao valor planejado a que se refere; portanto, em uma determinada data e um determinado valor de VP, há um equivalente de horas de mão de obra e equipamento, que guarda proporção (aqui entra a segunda parte da descrição acima) com as horas de mão de obra e equipamento contidas no valor agregado (VA), medido na mesma data. Seja a figura a seguir.

Figura 7 – Perda de produtividade por AVA



Fonte: elaborado pelo autor

$$\frac{VP}{Cp(mo + eq)} = \frac{VA}{Ca(mo + eq)}$$

$$Ca(mo + eq) = \frac{VA}{VP} \times Cp(mo + eq)$$

Sendo:

- Custo planejado: $CP = \frac{VP}{1+BDI}$ e $Cp(mo + eq) = \frac{VP}{1+BDI} \times \% (MO + Eq.)$
- Custo agregado: $CA = \frac{VA}{1+BDI}$ e $Ca(mo + eq) = \frac{VA}{1+BDI} \times \% (MO + Eq.)$

$$Perda\ de\ produtividade = \frac{VP}{1+BDI} \times \% (MO + Eq.) - \frac{VA}{1+BDI} \times \% (MO + Eq.)$$

$$Perda\ de\ produtividade = VP \times \left[\% \frac{(MO+Eq.)}{1+BDI} \right] - VA \times \left[\% \frac{(MO+Eq.)}{1+BDI} \right]$$

$$Perda\ de\ produtividade = (VP - VA)x \left[\frac{\%(MO + Eq.)}{(1 + BDI)} \right]$$

A expressão acima é válida se o critério de avaliação da perda de produtividade for pelo custo previsto; se o critério for pelo custo incorrido (aquele informado pelo requerente), a expressão da perda de produtividade é a seguinte:

$$Perda\ de\ produtividade = CR - VAx \left[\frac{\%(MO + Eq.)}{(1 + BDI)} \right]$$

Assim, para cada caso, o custo da perda de produtividade é dado pelas seguintes expressões:

$$VPP_{ci} = CR - VAx \left[\frac{\%(MO+Eq)}{(1+BDI)} \right] \quad (1)$$

$$VPP_{cp} = (VP - VA)x \left[\frac{\%(MO+Eq)}{(1+BDI)} \right] \quad (2)$$

Onde:

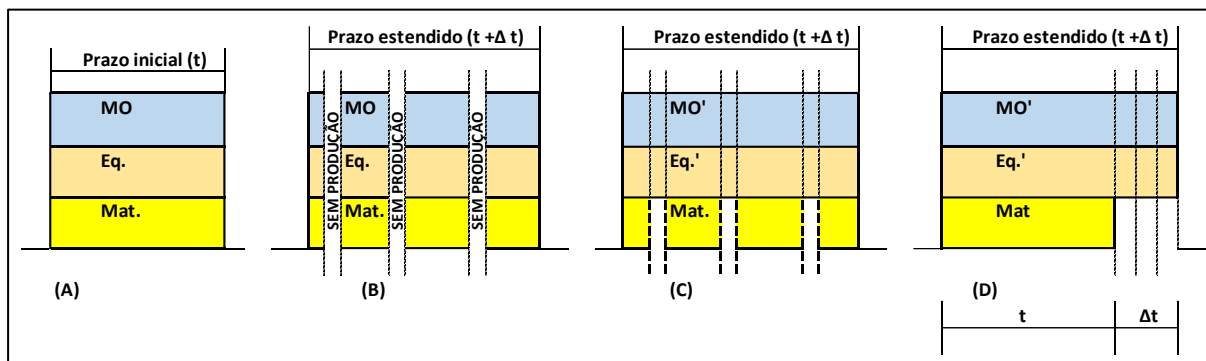
- VPP_{ci}: Valor da perda de produtividade pelo custo incorrido;
- VPP_{cp}: Valor da perda de produtividade pelo custo previsto;
- CR: custo real (custo incorrido), isento de BDI e informado pelo requerente;
- VP: Valor planejado para a data em questão;
- VA: valor agregado (medido) para a data em questão
- %(MO+Eq): somatório dos percentuais de mão de obra e equipamentos, conforme os seus pesos na composição do custo total;
- BDI: taxa de Benefícios e Despesas Indiretas adotada, em valor decimal.

Como pode ser visto, a avaliação da perda de produtividade utilizando AVA resume-se a uma proporção entre os valores planejado e medido, sem levar em conta a intensidade do impacto até a data em questão, o que justifica a utilização desta metodologia somente quando não for possível o uso do cálculo *Measured Mile* ou a adoção da produtividade *baseline*.

3.3.2 Perda de produtividade usando o cálculo *Measured Mile*

A figura a seguir ilustra as parcelas do custo total que sofrem a ação do tempo.

Figura 8 – Ociosidade da mão de obra e equipamentos



Fonte: elaborado pelo autor

Em (A) tem-se o projeto conforme planejado: insumos e tempos conforme previstos. Em (B) a ação de micro e pequenas interrupções, em que não há produção, embora não se configure em paralisação total. Em (C) a tradução do que de fato ocorreu em (B): embora o material não tenha sido utilizado nos períodos em que não houve produção, os equipamentos e toda a mão de obra estavam mobilizadas, representando desembolsos financeiros realizados, de forma constante, de modo que o total de cada parcela foi alterado: MO => MO' e Eq. => Eq.'. Em (D), concluído o projeto, — que para este exemplo não sofreu alteração de escopo —, tem-se a mesma quantidade de material, mas uma quantidade ampliada, igual a Δt , de utilização da mão de obra e dos equipamentos. No exemplo acima, houve extensão de prazo, o que não é condição necessária para haver perda de produtividade, visto que, para essa, basta a ocorrência da ociosidade (ausência de produção), que pode ter seus efeitos temporais anulados por uma aceleração, mas não os seus efeitos financeiros, que podem ser, inclusive, agravados com essa medida.

De forma generalizada, Δt representa, então, o tempo ocioso, em que a mão de obra e equipamentos não foram utilizados na produção, desequilibrando a equação contratual.

A partir do custo total do projeto, é possível segregar os insumos de cada uma dessas parcelas, de forma que se possa obter a participação percentual individual na formação do custo total. Como não houve produção, o custo do combustível dos equipamentos deve ser deduzido e somado à parcela do material.

A expressão a seguir traduz essa composição.

$$\text{Valor total do contrato (VT)} = \text{Custo total do contrato (CT)} \times (1 + \text{BDI}) \Rightarrow \text{VT} = \text{CT} \times (1 + \text{BDI}) \Rightarrow \text{CT} = \text{VT} / (1 + \text{BDI})$$

$$\text{CT} = \text{MO} + \text{Eq.} + \text{Mat.}$$

$$\alpha = \text{MO} / \text{CT} = \% \text{MO}; \beta = \text{Eq.} / \text{CT} = \% \text{Eq.} \text{ e } \gamma = \text{Mat.} / \text{CT} = \% \text{Mat.}$$

Parcela do custo total que sofre ação do tempo: $CT_t = [VT/(1+BDI)]x(\%MO+\%Eq.)$

Para um projeto com prazo de execução igual a “t” meses, o custo unitário mensal de CT_t é dado por:

$$CT_t(\text{mês}) = \frac{\left\{ \left[\frac{VT}{(1+BDI)} \right] x (\%MO + \%Eq.) \right\}}{t} \quad (4)$$

E, sendo Δt o total de tempo em que houve ociosidade de mão de obra e equipamento, o custo total dessa perda de produtividade é dado por:

$$VPP_{mm} = \Delta t x \frac{\left\{ \left[\frac{VT}{(1+BDI)} \right] x (\%MO + \%Eq.) \right\}}{t} \quad (5)$$

Onde:

- VPP_{mm} : Valor da perda de produtividade pelo cálculo *Measured Mile*;
- VT: Valor total do projeto;
- BDI: taxa de Benefícios e Despesas Indiretas adotada, em valor decimal.
- %MO e %Eq.: percentuais de mão de obra e equipamentos (descontado o combustível), conforme os seus pesos na composição do custo total;
- t : prazo inicial pactuado de execução do projeto;
- Δt : tempo de ociosidade da mão de obra e equipamentos.

3.4 Causas e responsabilidades

3.4.1 Identificação das causas

Para o projeto-exemplo considerado, a análise dos registros revelou condutas que redundaram nas causas desencadeadoras da ociosidade da mão de obra e equipamentos, o que repercutiu em perda de produtividade. Após aplicação da técnica “5 porquês”, as causas foram assim definidas:

- **PROJETOS** – os projetos fornecidos pela contratante mostraram-se deficientes, necessitando de constantes complementações, demandando tempo adicional tanto para a correção, quanto para a aprovação das alterações, impactando o prazo de execução pactuado.
- **EQUIPAMENTOS** – os equipamentos não foram mobilizados tempestivamente, bem como se observou a não execução de serviços em decorrência de falta de equipamento na patrulha, ocasionado ou por consertos ou mobilização não atempada.

- LICENÇAS AMBIENTAIS – observou-se atraso nas providências necessárias à obtenção de licenças ambientais, tanto as de responsabilidade da contratante, quanto as da contratada.
- INTERFERÊNCIA DE CONCESSIONÁRIAS – as tratativas com as concessionárias de serviços públicos, presentes no local da obra, só foram iniciadas após a emissão da ordem de início de serviço, o que impediu o início da obra por 45 dias.
- SUPRIMENTO DE MATERIAL – observou-se equipes paradas, à espera da chegada de material no canteiro, decorrente da aquisição tardia de insumos.

3.4.2 Estabelecimento do nexo de causalidade

A partir das causas identificadas e em cotejo com as condutas das partes, é possível elaborar o quadro a seguir, acerca da imputação da responsabilidade técnica da parte.

Quadro 1 – Estabelecimento do nexo de causalidade

CAUSA	CONDUTA	EFEITO	NEXO	RESPONSABILIDADE
Projetos	A contratante forneceu projetos deficientes	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para correção dos projetos	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Equipamentos	A contratada não mobilizou os equipamentos no tempo, na qualidade e na quantidade previstas	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por não contar com os equipamentos previstos	A conduta da contratada ensejou o efeito	Contratada
Lic. Ambientais	Contratada e Contratante não tomaram providências tempestivas para obtenção de suas licenças ambientais	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por falta de licenças ambientais	A conduta das partes ensejou o efeito	Contratante e Contratada
Concessionárias	A contratante iniciou as tratativas para remoção da interferência de concessionárias após a emissão da ordem de serviço	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para retirada das interferências das concessionárias	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante

CAUSA	CONDUTA	EFEITO	NEXO	RESPONSABILIDADE
Suprimentos	A contratada iniciava seu processo de compra em data que comprometia a chegada de material a tempo no canteiro	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para chegada de material no canteiro	A conduta da contratada ensejou o efeito	Contratada

Fonte: elaborado pelo autor

3.4.3 Importância das causas e responsabilidades das partes

A Metodologia de Quantificação de Responsabilidades Concorrentes, objeto do Boletim Técnico Btec - 2021/011, do IBAPE Nacional, quantifica a importância das causas a partir da aplicação de um questionário onde todas as causas são confrontadas entre si, mediante a aplicação de pesos (de 1 a 9), conforme o julgamento do especialista quanto à importância relativa entre as causas. Entende-se que esse grau de subjetividade, própria da metodologia, só se justifica em situações em que as causas não possam ter o dano por ela provocado quantificado objetivamente, como na situação das causas envolvidas em acidentes de construção. No caso de pleito por perda de produtividade, a extensão do dano é mensurada pelo tempo de ociosidade, ao qual está associado a um custo financeiro, possibilitando a quantificação objetiva de cada causa envolvida. Nesse sentido, a importância das causas será mensurada objetivamente, a partir da sua participação individual na extensão total do tempo ocioso, cuja forma de cálculo já foi demonstrada.

Como forma de materializar essa importância, apresenta-se a estrutura a seguir, a partir dos elementos já identificados neste projeto-exemplo.

Tabela 6 – Importância das causas e responsabilidades das partes

mês	Ociosidade (meses)	Causas					Há Registro?
		Projetos	Equipamentos	Lic. Ambientais	Concessionárias	Suprimentos	
1	0,25	1	1	1	1	1	S
2	0,35		1	1	0,5		S
3	0,20	1					S
4	0,37					1	S
5	0,27	1					S
6	0,06					1	S
7	0,33		1				S
8	0,40	1					S
9	0,24						N
10	0,23	1					S
11	0,35	1					S
12	0,28				1		S
13	0,13			1			S
14	-0,20						N/A
15	-0,44						N/A
16	0,00						N/A
Total	3,44	1,69	0,93	0,73	0,7	0,68	4,73
	Importância	0,36	0,2	0,15	0,15	0,14	1,00
Responsabilidade das Partes	Contratante	1	0	0,5	1	0	58,2%
	Contratada	0	1	0,5	0	1	41,8%
	Total	1	1	1	1	1	100,0%

Fonte: elaborado pelo autor

A coluna referente a ociosidade contém os valores de impacto calculados na Tabela 6.

De acordo com a pesquisa registral, são assinalados com “1” os meses de ocorrência das causas. No caso específico da Concessionária, foi registrado que os efeitos da inação da contratante perdurou pelos 45 dias iniciais dessa forma, computou-se a ocorrência no mês 1, integral, e 0,5 dias no mês 2. Após, no mês 12, essa causa voltou a ocorrer.

Observe-se que no mês 9 não foi encontrado registro que justificasse o impacto de 0,24 meses; nesse caso, admite-se que a melhor estimativa de divisão da reponsabilidade por esta parcela mensal de impacto é a obtida sem considerar esse mês, ou seja, 58,2% de 0,24 para a contratante e 41,8% de 0,24 para a contratada.

A pontuação de cada causa é obtida pela multiplicação da ociosidade mensal por sua frequência. A totalização dessas pontuações foi igual a 4,73. Normalizando a pontuação de cada causa com esse total, obtém-se a importância percentual de cada causa na contribuição do tempo total de ociosidade.

Na parte final, a responsabilidade das partes é decorrente do nexo de causalidade configurado de acordo com o Quadro 1.

A responsabilidade das partes é, por fim, calculada mediante a soma dos percentuais das causas pelas quais a parte foi considerada responsável. Observe-se que para a causa referente ao licenciamento ambiental, houve responsabilidade concorrente, cabendo, portanto, a metade do percentual dessa causa para cada parte.

Esses valores finais podem ser rearrumados de acordo com a tabela seguinte.

Tabela 7 – Responsabilidades das partes

Causas	Importância	Ociosidade decorrente (meses)	Responsabilidade	
			Contratante	Contratada
Projetos	35,7%	1,23	35,7%	
Equipamentos	19,7%	0,68		19,7%
Lic. Ambientais	15,3%	0,53	7,7%	7,7%
Concessionárias	14,9%	0,51	14,9%	
Suprimentos	14,4%	0,49		14,4%
Total	100,0%	3,44	58,2%	41,8%

Fonte: elaborado pelo autor

A contratante responde por 58,2% do dano decorrente da perda de produtividade, enquanto a contratada reponde por 41,8%.

3.5 Avaliação do pleito de reequilíbrio decorrente da perda de produtividade

Considere-se que, para este projeto-exemplo, o BDI ofertado na proposta foi de 25%, e que a participação da mão de obra e dos equipamentos somam 50% do custo total do projeto. A partir dessas informações e acréscimos dos resultados já obtidos com a aplicação da presente metodologia, tem-se o seguinte cenário:

- Valor do projeto: \$ 100
- Prazo de execução pactuado: 8 meses
- Tempo de ociosidade: 3,44 meses
- Participação (%MO+%Eq.): 50% do custo total

3.5.1 Valor da perda de produtividade utilizando a *Measured Mile*

Aplicando a fórmula (5):

$$VPPmm = \Delta t \times \frac{\left\{ \left[\frac{VT}{(1+BDI)} \right] x (\%MO + \%Eq.) \right\}}{t} \quad (5)$$

E substituindo com os valores acima, vem:

$$VPP_{mm} = 3,44 \times \{ [100 / (1 + 0,25)] \times 0,5 \} / 8 = \$ 17,20$$

O valor da perda de produtividade foi de \$ 17,20. Considerando a responsabilidade das partes na formação desse dano financeiro, a participação de cada uma é assim calculada:

- Contratante: $58,2\% \times \$ 17,20 = \$ 10,01$
- Contratada: $41,8\% \times \$ 17,20 = \$ 7,19$

Dessa forma, cabe de indenização à contratada a importância de \$ 10,01, como devidos ao necessário reequilíbrio econômico-financeiro do contrato, em decorrência da perda de produtividade verificada.

3.5.2 Valor da perda de produtividade utilizando a produtividade *baseline* e AVA

Apenas a título de objeto de pesquisa, uma vez que foi possível mensurar a perda de produtividade utilizando-se o procedimento de excelência, o cálculo *Measured Mile*, será procedida a valoração dessa perda com o uso da produtividade pactuada (*baseline*) e da AVA.

Inicialmente, na partir da Tabela 1 é calculado o impacto considerando a produtividade *baseline*. O somatório do impacto foi igual a 4,13 meses. Substituindo na fórmula (5), vem:

$$VPP_{BL} = 4,13 \times \{ [100 / (1 + 0,25)] \times 0,5 \} / 8 = \$ 20,65$$

O cálculo do valor da perda de produtividade com o uso da AVA, com base no custo previsto, é calculado por meio da fórmula (2)

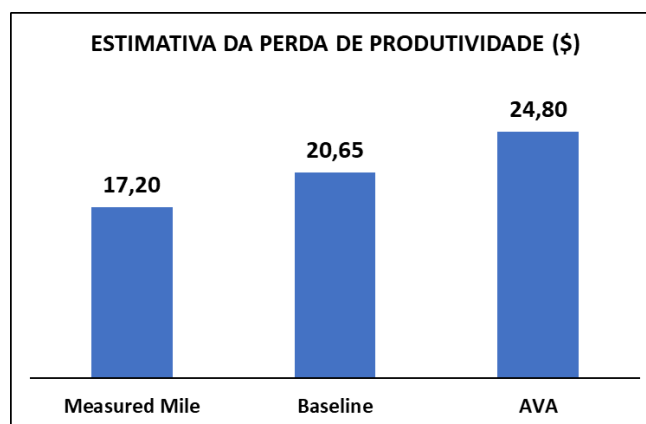
$$VPP_{cp} = (VP - VA) \times \left[\frac{\% (MO + Eq)}{(1 + BDI)} \right] \quad (2)$$

Os últimos valores disponíveis de VP e VA, e que servirão de proporcionalidade para o cálculo da perda de produtividade, são aqueles alocados no mês 8 da tabela acima, respectivamente \$ 100 e \$ 38. Substituindo os valores na expressão cima, vem:

$$VPP_{cp} = (100 - 38) \times [0,5 / (1 + 0,25)] = \$ 24,80$$

3.5.3 Comparativo dos valores estimados conforme as metodologias

Figura 9 – Comparativo de valores da perda de produtividade



Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se que, para o mesmo projeto, e considerando como referencial o valor obtido com o cálculo *Measured Mile*, a valoração da perda de produtividade variou, para maior, entre 20%, se considerado o valor obtido pela produtividade *baseline*, e 44%, se considerado o valor obtido com o uso da AVA.

4. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso foi selecionado um projeto referente à execução de uma obra rodoviária, com as seguintes características:

- Valor contratado: R\$ 56.184.380,38
- Prazo inicial de execução: 21 meses
- Prazo final de execução: 35 meses
- Participação da mão de obra e equipamento no custo total: 52,55%
- BDI: 27,84%

O desempenho contratual está representado na tabela a seguir, que já contempla os cálculos necessários à verificação da produtividade natural.

Medições	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VP	908.063,75	2.310.365,54	4.023.591,38	5.975.361,19	8.201.505,64	10.740.804,05	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	27.472.111,96	30.965.844,92
VA	-	-	-	64.148,54	412.781,00	861.939,22	1.296.854,96	2.403.694,09	3.278.100,77	3.451.229,56	5.000.994,98	5.719.247,12
n1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	3
n2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
VPn1	-	-	-	-	-	-	908.063,75	2.310.365,54	2.310.365,54	2.310.365,54	4.023.591,38	4.023.591,38
VPn2	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	2.310.365,54	4.023.591,38	4.023.591,38	4.023.591,38	5.975.361,19	5.975.361,19
PA	0,00	0,00	0,00	0,07	0,45	0,95	1,28	2,05	2,56	2,67	3,50	3,87
Pplan	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	908.063,75	908.063,75	908.063,75	1.325.774,50	1.424.094,36	1.713.225,84	1.713.225,84	1.866.312,41	1.951.769,81
Pexec	-	-	-	64.148,54	348.632,46	449.158,22	434.915,74	1.106.839,13	874.406,68	173.128,79	1.549.765,42	718.252,14
Fp	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07	0,38	0,49	0,33	0,78	0,51	0,10	0,83	0,37
Atraso	1,00	2,00	3,00	3,93	4,55	5,05	5,72	5,95	6,44	7,33	7,50	8,13
Impacto	0,50	0,50	0,50	0,46	0,31	0,25	0,34	0,11	0,24	0,45	0,08	0,32

Medições	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
VP	34.390.649,12	37.832.034,33	41.062.747,50	44.188.600,12	47.097.753,98	49.855.443,68	52.471.838,68	54.745.778,42	56.184.380,38			
VA	7.496.904,53	9.438.100,81	11.266.133,73	13.550.144,70	16.489.187,59	19.899.421,59	21.887.650,49	24.440.616,55	24.440.616,55	27.541.089,25	30.653.434,14	
n1	4	5	6	6	7	8	9	10	10	10	11	11
n2	5	6	7	7	8	9	10	11	11	11	12	12
VPn1	5.975.361,19	8.201.505,64	10.740.804,05	10.740.804,05	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	23.838.998,25	27.472.111,96	27.472.111,96	27.472.111,96
VPn2	8.201.505,64	10.740.804,05	13.427.183,32	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	27.472.111,96	27.472.111,96	30.965.844,92	30.965.844,92	30.965.844,92
PA	4,68	5,49	6,20	7,05	7,92	8,86	9,47	10,17	10,17	10,17	11,02	11,91
Pplan	2.181.952,21	2.415.941,13	2.579.890,18	2.686.379,27	3.348.351,36	3.436.628,01	3.601.656,29	3.645.128,01	#DIV/0!	#DIV/0!	3.629.892,01	3.493.732,96
Pexec	1.777.657,41	1.941.196,28	1.828.032,92	2.284.010,97	2.939.042,89	3.210.234,00	2.188.228,90	2.552.966,06	-	-	3.100.472,70	3.112.344,89
Fp	0,81	0,80	0,71	0,85	0,88	0,93	0,61	0,70	#DIV/0!	#DIV/0!	0,85	0,89
Atraso	8,32	8,51	8,80	8,95	9,08	9,14	9,53	9,83	10,83	11,83	11,98	12,09
Impacto	0,09	0,10	0,15	0,07	0,06	0,03	0,20	0,15	0,50	0,50	0,07	0,05

Medições	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
VP											
VA	31.382.331,13	33.412.695,53	35.971.898,23	37.943.333,19	39.248.913,43	42.458.708,15	43.916.526,50	50.623.532,74	50.823.208,72	50.879.018,25	56.184.380,38
n1	12	12	13	14	14	15	15	18	18	18	20
n2	13	13	14	15	15	16	16	19	19	19	21
VPn1	30.965.844,92	30.965.844,92	34.390.649,12	37.832.034,33	37.832.034,33	41.062.747,50	41.062.747,50	49.855.443,68	49.855.443,68	49.855.443,68	54.745.778,42
VPn2	34.390.649,12	34.390.649,12	37.832.034,33	41.062.747,50	41.062.747,50	44.188.600,12	44.188.600,12	52.471.838,68	52.471.838,68	52.471.838,68	56.184.380,38
PA	12,12	12,71	13,46	14,03	14,44	15,45	15,91	18,29	18,37	18,39	21,00
Pplan	3.454.011,70	3.424.804,20	3.435.030,16	3.428.762,46	3.230.713,16	3.184.256,55	3.125.852,63	2.817.350,70	2.616.395,00	2.616.395,00	2.033.652,97
Pexec	728.896,99	2.030.364,40	2.559.202,70	1.971.434,96	1.305.580,24	3.209.794,72	1.457.818,35	6.707.006,24	199.675,98	55.809,53	5.305.362,13
Fp	0,21	0,59	0,75	0,57	0,40	1,01	0,47	2,38	0,08	0,02	2,61
Atraso	12,88	13,29	13,54	13,97	14,56	14,55	15,09	13,71	14,63	15,61	14,00
Impacto	0,39	0,20	0,13	0,21	0,30	0,00	0,27	-0,69	0,46	0,49	-0,80

At
8,50

Caso fosse considerada a produtividade *baseline*, a ociosidade teria um impacto total de 8,5 meses, dentro dos 35 meses de duração do projeto.

O teste de igualdade de produtividades retornou 16 segmentos comparáveis, dentre 30, como participantes de um mesmo grupo, o de períodos não impactados, uma vez que a produtividade planejada, Pplan, é concebida como não impactada. O teste e a seleção (p-valor do teste de igualdade > 0,05) consta na tabela a seguir.

item	Medição	Pplan	Pexec	Fp = Pexec/Pplan	Normalidade	Igualdade	
					Shapiro-Wilk	Wilcoxon	t pareado
1	35	2.033.652,97	5.305.362,13	2,61			
2	32	2.817.350,70	6.707.006,24	2,38			
3	30	3.184.256,55	3.209.794,72	1,01	0,6063		0,1836
4	18	3.436.628,01	3.210.234,00	0,93	0,2622		0,2028
5	24	3.493.732,96	3.112.344,89	0,89	0,0687		0,2309
6	17	3.348.351,36	2.939.042,89	0,88	0,0246	0,7532	
7	23	3.629.892,01	3.100.472,70	0,85	0,0044	1,0000	
8	16	2.686.379,27	2.284.010,97	0,85	0,0149	0,7794	
9	11	1.856.312,41	1.549.765,42	0,83	0,0716		0,3707
10	13	2.181.952,21	1.777.657,41	0,81	0,0592		0,4113
11	14	2.415.941,13	1.941.196,28	0,80	0,0317	0,3281	
12	8	1.424.094,36	1.106.839,13	0,78	0,0652		0,4981
13	27	3.435.030,16	2.559.202,70	0,75	0,0426	0,1730	
14	15	2.579.890,18	1.828.032,92	0,71	0,0225	0,1240	
15	20	3.645.128,01	2.552.966,06	0,70	0,0140	0,0884	
16	19	3.601.656,29	2.188.228,90	0,61	0,0077	0,0627	
17	26	3.424.804,20	2.030.364,40	0,59	0,0040	0,0442	
18	28	3.428.762,46	1.971.434,96	0,57	0,0020	0,0311	
19	9	1.713.225,84	874.406,68	0,51	0,0041	0,0218	
20	6	908.063,75	449.158,22	0,49	0,0118	0,0152	
21	31	3.125.852,63	1.457.818,35	0,47	0,0082	0,0106	
22	29	3.230.713,16	1.305.580,24	0,40	0,0058	0,0074	
23	5	908.063,75	348.632,46	0,38	0,0075	0,0051	
24	12	1.951.769,81	718.252,14	0,37	0,0083	0,0036	
25	7	1.325.774,50	434.915,74	0,33	0,0073	0,0025	
26	25	3.454.011,70	728.896,99	0,21	0,0052	0,0018	
27	10	1.713.225,84	173.128,79	0,10	0,0066	0,0011	
28	33	2.616.395,00	199.675,98	0,08	0,0056	0,0008	
29	4	908.063,75	64.148,54	0,07	0,0057	0,0006	
30	34	2.616.395,00	55.809,53	0,02	0,0046	0,0004	

O saneamento dessa amostra de 16 segmentos, por meio de clusterização por k-means, está descrita abaixo.

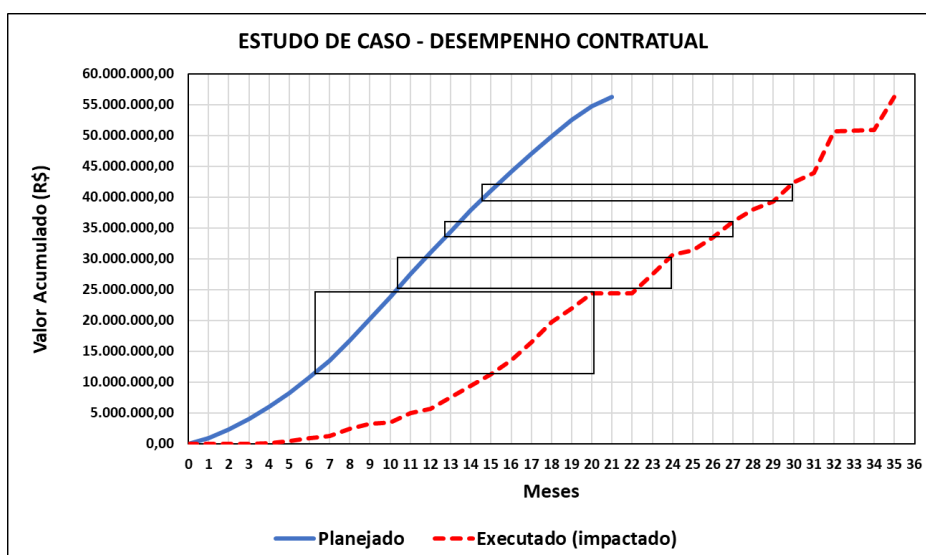
No intervalo?	Medição	Prod. Comparáveis		clusterização - k-means (n=3)	
		Pplan	Pexec	Item	Cluster
nao	35	2.033.652,97	5.305.362,13	1	1
nao	32	2.817.350,70	6.707.006,24	2	1
sim	30	3.184.256,55	3.209.794,72	3	2
sim	18	3.436.628,01	3.210.234,00	4	2
sim	24	3.493.732,96	3.112.344,89	5	2
sim	17	3.348.351,36	2.939.042,89	6	2
sim	23	3.629.892,01	3.100.472,70	7	2
sim	16	2.686.379,27	2.284.010,97	8	2
sim	11	1.856.312,41	1.549.765,42	9	3
sim	13	2.181.952,21	1.777.657,41	10	3
sim	14	2.415.941,13	1.941.196,28	11	3
sim	8	1.424.094,36	1.106.839,13	12	3
sim	27	3.435.030,16	2.559.202,70	13	2
sim	15	2.579.890,18	1.828.032,92	14	3
sim	20	3.645.128,01	2.552.966,06	15	2
sim	19	3.601.656,29	2.188.228,90	16	2

1	média 1	2425501,838	6006184,185	2,476264536	maior	discrepante
2	média 2	3079105,312	2526516,586	0,820535945	meio	saneado
3	média 3	2691322,424	1924699,986	0,71515028	menor	discrepante

medições	35	Intervalo
LI (10%)	3,5	4
LS (90%)	31,5	32

Os dados saneados também estão no intervalo admissível de 10% a 90% do prazo total, evitando o efeito da curva de aprendizagem e dos momentos finais de execução do projeto.

Os 9 segmentos finais tidos como participantes de um mesmo grupo (o das produtividades não impactadas) estão representadas na figura a seguir



Uma vez saneada a amostra dos dados comparáveis, é possível calcular a produtividade natural, conforme demonstrado a seguir.

item	Medição	Pplan	Pexec	Fp = Pexec/Pplan	Normalidade	Igualdade	
					Shapiro-Wilk	Wilcoxon	t pareado
1	35	2.033.652,97	5.305.362,13	2,61			
2	32	2.817.350,70	6.707.006,24	2,38			
3	30	3.184.256,55	3.209.794,72	1,01	0,6063		0,1836
4	18	3.436.628,01	3.210.234,00	0,93	0,2622		0,2028
5	24	3.493.732,96	3.112.344,89	0,89	0,0687		0,2309
6	17	3.348.351,36	2.939.042,89	0,88	0,0246	0,7532	
7	23	3.629.892,01	3.100.472,70	0,85	0,0044	1,0000	
8	16	2.686.379,27	2.284.010,97	0,85	0,0149	0,7794	
9	11	1.856.312,41	1.549.765,42	0,83	0,0716		0,3707
10	13	2.181.952,21	1.777.657,41	0,81	0,0592		0,4113
11	14	2.415.941,13	1.941.196,28	0,80	0,0317	0,3281	
12	8	1.424.094,36	1.106.839,13	0,78	0,0652		0,4981
13	27	3.435.030,16	2.559.202,70	0,75	0,0426	0,1730	
14	15	2.579.890,18	1.828.032,92	0,71	0,0225	0,1240	
15	20	3.645.128,01	2.552.966,06	0,70	0,0140	0,0884	
16	19	3.601.656,29	2.188.228,90	0,61	0,0077	0,0627	
17	26	3.424.804,20	2.030.364,40	0,59	0,0040	0,0442	
18	28	3.428.762,46	1.971.434,96	0,57	0,0020	0,0311	
19	9	1.713.225,84	874.406,68	0,51	0,0041	0,0218	
20	6	908.063,75	449.158,22	0,49	0,0118	0,0152	
21	31	3.125.852,63	1.457.818,35	0,47	0,0082	0,0106	
22	29	3.230.713,16	1.305.580,24	0,40	0,0058	0,0074	
23	5	908.063,75	348.632,46	0,38	0,0075	0,0051	
24	12	1.951.769,81	718.252,14	0,37	0,0083	0,0036	
25	7	1.325.774,50	434.915,74	0,33	0,0073	0,0025	
26	25	3.454.011,70	728.896,99	0,21	0,0052	0,0018	
27	10	1.713.225,84	173.128,79	0,10	0,0066	0,0011	
28	33	2.616.395,00	199.675,98	0,08	0,0056	0,0008	
29	4	908.063,75	64.148,54	0,07	0,0057	0,0006	
30	34	2.616.395,00	55.809,53	0,02	0,0046	0,0004	

média	3.384.561,63	2.795.144,20	0,826
mediana	3.436.628,01	2.939.042,89	0,855

mais favorável à contratada	0,855
-----------------------------	-------

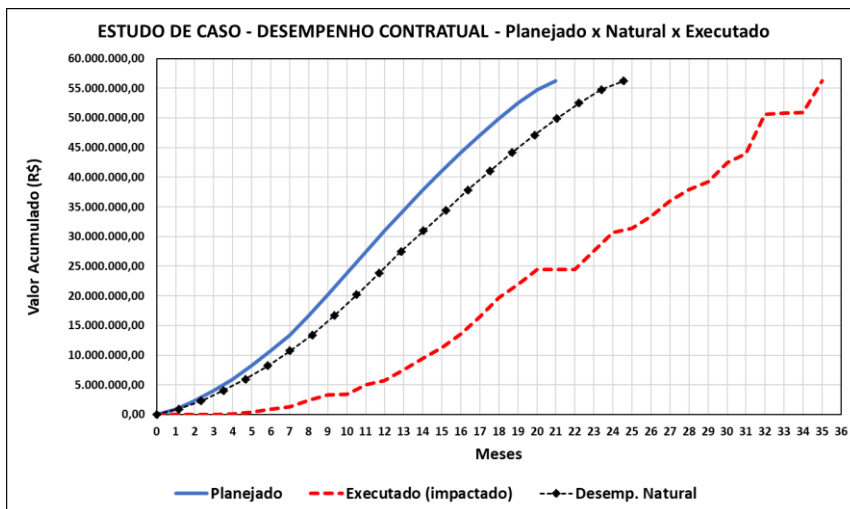
IC [95%] :
Amplitude :

LI Fp	LS Fp
0,788	0,859
13,6%	

Como os dados provém tanto de testes paramétricos, como de não paramétricos, calculou-se a média e a mediana para aferição da produtividade natural, optando-se pelo maior resultado dessas duas medidas de tendência central. Assim, a produtividade natural da contratada foi calculada como equivalente a 85,5% da produtividade *baseline*.

Se fosse estipulado um intervalo de valores para a produtividade natural, de forma que garantisse a reprodutibilidade do valor encontrado em 95% das vezes que fosse calculado, esse intervalo seria de 0,788 a 0,859. A amplitude desse intervalo é de 13,6%, considerando o valor central, o que lhe confere uma alta precisão.

Essa real performance da contratada está representada na curva intermediária constante na figura seguinte.



Vê-se a curva da produtividade natural (traço-ponto, cor preta) deslocada da curva planejada, indicando uma produtividade abaixo da planejada. Com isso, mesmo na ausência de impactos, a contratada concluiria com atraso de 3,6 meses a obra.

Após definição da produtividade natural (85,5%), é possível mensurar a ociosidade decorrente apenas dos impactos, conforme planilhas a seguir.

Desemp. Natural	1,17	2,34	3,51	4,68	5,85	7,02	8,19	9,35	10,52	11,69	12,86	14,03
Mês/ões	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VP	908.063,75	2.310.365,54	4.023.591,38	5.975.361,19	8.201.505,64	10.740.804,05	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	27.472.111,96	30.965.844,92
VA	-	-	-	64.148,54	412.781,00	861.939,22	1.296.854,96	2.403.694,09	3.278.100,77	3.451.229,56	5.000.994,98	5.719.247,12
n1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,17	2,34	2,34	2,34	3,51	3,51
n2	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	2,34	3,51	3,51	4,68	4,68
VPn1	-	-	-	-	-	-	908.063,75	2.310.365,54	2.310.365,54	2.310.365,54	4.023.591,38	4.023.591,38
VPn2	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	908.063,75	2.310.365,54	4.023.591,38	4.023.591,38	4.023.591,38	5.975.361,19	5.975.361,19
PA	0,00	0,00	0,00	0,07	0,45	0,95	1,45	2,39	2,90	3,00	4,01	4,38
Pplan	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	908.063,75	908.063,75	908.063,75	874.469,14	1.169.371,35	1.713.225,84	1.713.225,84	1.543.338,73	1.951.769,81
Pexec	-	-	-	64.148,54	348.632,46	449.158,22	434.915,74	1.106.839,13	874.406,68	173.128,79	1.549.765,42	718.252,14
Fp	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,07	0,38	0,49	0,50	0,95	0,51	0,10	1,00	0,37
Atraso	1,00	2,00	3,00	3,93	4,55	5,05	5,55	5,61	6,10	7,00	6,99	7,62
Impacto	0,50	0,50	0,50	0,46	0,31	0,25	0,25	0,03	0,24	0,45	0,00	0,32

Desemp. Natural	15,20	16,37	17,54	18,71	19,88	21,05	22,22	23,39	24,56	25,72	26,89	28,06
Mês/ões	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
VP	34.390.649,12	37.832.034,33	41.062.747,50	44.188.600,12	47.097.753,98	49.855.443,68	52.471.838,68	54.745.778,42	56.184.380,38	57.440.616,55	58.440.616,55	59.244.616,55
VA	7.496.904,53	9.438.100,81	11.266.133,73	13.550.144,70	16.489.187,59	19.699.421,59	21.887.650,49	24.440.616,55	24.440.616,55	24.440.616,55	27.541.089,25	30.653.434,14
n1	4,68	5,85	7,02	7,02	8,19	9,35	10,52	11,69	11,69	11,69	12,86	12,86
n2	5,85	7,02	8,19	8,19	9,35	10,52	11,69	12,86	12,86	12,86	14,03	14,03
VPn1	5.975.361,19	8.201.505,64	10.740.804,05	10.740.804,05	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	23.838.998,25	23.838.998,25	27.472.111,96	27.472.111,96
VPn2	8.201.505,64	10.740.804,05	13.427.183,32	13.427.183,32	16.742.725,91	20.190.150,08	23.838.998,25	27.472.111,96	27.472.111,96	27.472.111,96	30.965.844,92	30.965.844,92
PA	5,36	6,33	7,21	8,06	9,11	10,21	10,99	11,86	11,86	11,86	12,88	13,77
Pplan	1.806.541,56	1.995.480,09	2.082.346,08	2.686.379,27	2.806.948,01	2.909.336,01	2.816.747,92	2.935.525,60	#DIV/0!	#DIV/0!	3.029.426,95	3.493.732,96
Pexec	1.777.657,41	1.941.196,28	1.828.032,92	2.284.010,97	2.939.042,89	3.210.234,00	2.188.228,90	2.552.966,06	-	-	3.100.472,70	3.112.344,89
Fp	0,98	0,97	0,88	0,85	1,05	1,10	0,78	0,87	#DIV/0!	#DIV/0!	1,02	0,89
Atraso	7,64	7,67	7,79	7,94	7,89	7,79	8,01	8,14	9,14	10,14	10,12	10,23
Impacto	0,01	0,01	0,06	0,07	-0,02	-0,05	0,11	0,07	0,50	0,50	-0,01	0,05

Desemp. Natural	29,23	30,40	31,57	32,74	33,91	35,08	36,25	37,42	38,59	39,76	40,93
Mês/ões	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
VP	31.382.331,13	33.412.695,53	35.971.898,23	37.943.333,19	39.248.913,43	42.458.708,15	43.916.526,50	50.623.532,74	50.823.208,72	50.879.018,25	56.184.380,38
VA	14,03	14,03	15,20	16,37	16,37	17,54	17,54	21,05	21,05	21,05	23,39
n1	14,03	15,20	16,37	17,54	17,54	18,71	18,71	22,22	22,22	22,22	24,56
VPn1	30.965.844,92	30.965.844,92	34.390.649,12	37.832.034,33	37.832.034,33	41.062.747,50	41.062.747,50	49.855.443,68	49.855.443,68	49.855.443,68	54.745.778,42
VPn2	34.390.649,12	34.390.649,12	37.832.034,33	41.062.747,50	41.062.747,50	44.188.600,12	44.188.600,12	52.471.838,68	52.471.838,68	52.471.838,68	56.184.380,38
PA	14,15	14,75	15,66	16,40	16,81	17,99	18,45	21,34	21,42	21,44	24,39
Pplan	1.916.481,32	3.424.804,20	2.798.985,05	2.648.811,27	3.230.713,16	2.726.352,70	3.125.852,63	2.321.958,30	2.616.395,00	2.616.395,00	1.800.021,68
Pexec	728.896,99	2.030.364,40	2.559.202,70	1.971.434,96	1.305.580,24	3.209.794,72	1.457.818,35	6.707.006,24	199.675,98	55.809,53	5.305.362,13
Fp	0,38	0,59	0,91	0,74	0,40	1,18	0,47	2,89	0,08	0,02	2,95
Atraso	10,85	11,25	11,34	11,60	12,19	12,01	12,55	10,66	11,58	12,56	10,61
Impacto	0,31	0,20	0,04	0,13	0,30	-0,09	0,27	-0,94	0,46	0,49	-0,97

At
7,40

Considerando a produtividade natural da contratada, os impactos provocaram uma ociosidade total de 7,4 meses, dentro dos 35 meses de duração do projeto.

Em relação aos motivos desencadeadores dessa ociosidade, a análise registral retornou as seguintes causas, já considerando a verificação do nexo de causalidade.

CAUSA	CONDUTA	EFEITO	NEXO	RESPONSABILIDADE
Patrulha incompleta	A contratada não mobilizou os equipamentos conforme histogramas previstos	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera pela chegada de equipamentos no canteiro	A conduta da contratada ensejou o efeito	Contratada
Falta de licença ambiental	A Contratante não tomou providências tempestivas para obtenção de suas licenças ambientais	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por falta de licenças ambientais	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Desapropriação não realizada	As desapropriações foram iniciadas após a emissão da ordem de serviço	Ociosidade das equipes pela impossibilidade de cumprir o plano de ataque, devido à falta de frentes	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Ausência de supervisora no trecho	A supervisora de obras só foi contratada após 10 meses do início da obra	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por liberações, definições e aprovações por parte da fiscalização	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Interferência de concessionária - água	A contratante iniciou as tratativas para remoção da interferência de concessionárias após a emissão da ordem de serviço	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para retirada das interferências das concessionárias	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Interferência de concessionária - energia	A contratante iniciou as tratativas para remoção da interferência de concessionárias após a emissão da ordem de serviço	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para retirada das interferências das concessionárias	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Jazidas insuficientes	As jazidas constantes no projeto executivo mostraram-se insuficientes	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por falta de material proveniente de jazida	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Projeto incompleto	A contratante forneceu projetos deficientes	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera para correção dos projetos	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante
Falta de pagamento	A contratante, por duas vezes, deixou de realizar pagamento pelos serviços executados	Ociosidade das equipes decorrente do tempo de espera por falta de insumos	A conduta da contratante ensejou o efeito	Contratante

A frequência dessas causas, a mensuração de suas importâncias e a quantificação da responsabilidade das partes constam no quadro seguinte.

Medição	Ociosidade (meses)	Causas									Há Registro?
		Patrulha incompleta	Falta de licença ambiental	Desapropriação não realizada	Ausência de supervisor no trecho	Interferência de concessionária - água	Interferência de concessionária -	Jazidas insuficientes	Projeto incompleto	Falta de pagamento	
1	0,50	1	1	1							S
2	0,50	1	1	1	1						S
3	0,50	1	1	1	1						S
4	0,46	1	1	1	1						S
5	0,31		1	1	1						S
6	0,25		1	1	1						S
7	0,25		1	1	1						S
8	0,03		1	1	1						S
9	0,24		1	1	1						S
10	0,45		1	1	1						S
11	0,00										N/A
12	0,32		1	1	1	1		1	1		S
13	0,01		1	1		1		1			S
14	0,01		1	1		1		1			S
15	0,06		1	1		1		1			S
16	0,07		1	1		1		1			S
17	-0,02										N/A
18	-0,05										N/A
19	0,11		1			1	1				S
20	0,07		1			1	1				S
21	0,50		1			1	1			1	S
22	0,50		1			1	1			1	S
23	-0,01										N/A
24	0,05		1			1	1				S
25	0,31		1			1					S
26	0,20					1					S
27	0,04					1					S
28	0,13					1					S
29	0,30										N/A
30	-0,09										N/A
31	0,27		1								S
32	-0,94										N/A
33	0,46										N
34	0,49										N
35	-0,97										N/A
Total	7,40	1,96	5,78	3,97	3,31	2,39	1,23	0,47	0,32	1,00	20,44
	Importância	0,1	0,28	0,19	0,16	0,12	0,06	0,02	0,02	0,05	1
Responsabilidade das Partes	Contratante	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90,4%
	Contratada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9,6%
	Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,0%

Organizando os dados de saída, tem-se a seguinte configuração:

	Causas	Importância	Ociosidade decorrente (meses)	Responsabilidade	
				Contratada	Contratante
1ª	Falta de licença ambiental	28,3%	2,09		28,3%
2ª	Desapropriação não realizada	19,4%	1,44		19,4%
3ª	Ausência de supervisora no trecho	16,2%	1,20		16,2%
4ª	Interferência de concessionária - água	11,7%	0,87		11,7%
5ª	Patrulha incompleta	9,6%	0,71	9,6%	
6ª	Interferência de concessionária - energia	6,0%	0,45		6,0%
7ª	Falta de pagamento	4,9%	0,36		4,9%
8ª	Jazidas insuficientes	2,3%	0,17		2,3%
9ª	Projeto incompleto	1,5%	0,11		1,5%
	Total	100,0%	7,40	9,6%	90,4%

A causa mais importante para a ocorrência da ociosidade foi a falta de licença ambiental, respondendo com 28,3% na formação do dano, e a causa menos importante foi a de fornecimento de projeto incompleto, respondendo com 1,5% da ociosidade verificada.

A responsabilidade das partes pela ocorrência de 7,4 meses de ociosidade das equipes (mão de obra e equipamentos), ficou assim distribuída:

- Contratada: 9,6%
- Contratante: 90,4%

Com essas informações, é possível quantificar o valor da perda de produtividade decorrente da ociosidade:

$$VPPmm = \Delta t \times \frac{\left\{ \left[\frac{VT}{(1+BDI)} \right] \times (\%MO + \%Eq.) \right\}}{t} \quad (5)$$

- $\Delta t = 7,4$ meses
- Valor contratado: R\$ 56.184.380,38
- Prazo inicial de execução: 21 meses
- Participação da mão de obra e equipamento no custo total: 52,55%
- BDI: 27,84%

$$VPPmm = 7,4 \times \left\{ \left[\frac{56.184.380,38}{(1+0,2784)} \right] \times 0,5255 \right\} / 21 = \text{R\$ } 8.131.305,33$$

- $VPPmm = \text{R\$ } 8.131.305,33$

Aplicando os percentuais de responsabilidade que cabem às partes, a divisão deste valor referente à perda de produtividade por ociosidade das equipes fica assim configurada:

Contratante: $90,4\% \times R\$ 8.131.305,33 = R\$ 7.350.700,02$

Contratada: $9,6\% \times R\$ 8.131.305,33 = R\$ 780.605,31$

Dessa forma, cabe de indenização à contratada a importância de R\$ 7.350.700,02, como devidos ao necessário reequilíbrio econômico-financeiro do contrato, em decorrência da perda de produtividade verificada.

Sendo o cálculo *Measured Mile* o procedimento de excelência, esses seriam os valores finais adotados; todavia, com o objetivo tão-somente de exaurir a metodologia ora apresentada, calcular-se-á os valores de perda de produtividade com o uso da produtividade *baseline* e com o uso da AVA – Análise de Valor Agregado.

Para o primeiro caso, utilizando a produtividade *baseline*, cujo tempo de ociosidade foi calculado em 8,5 meses, o valor da perda de produtividade seria o seguinte:

$$VPP_{bl} = 8,5 \times \{ [56.184.380,38 / (1 + 0,2784)] \times 0,5255 \} / 21 = R\$ 9.340.128,88$$

- $VPP_{bl} = R\$ 9.340.128,88$

Para o segundo caso, utilizando a AVA, o valor da perda de produtividade, considerando o custo previsto, seria o seguinte:

$$VP = R\$ 56.184.380,38$$

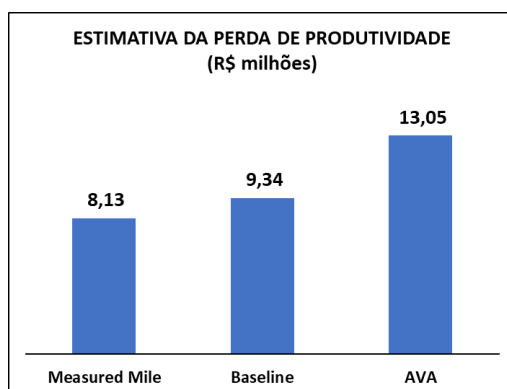
$$VA = R\$ 24.440.616,55 \text{ (mês 21)}$$

$$VPP_{cp} = (VP - VA) \times \left[\frac{\% (MO + Eq)}{(1 + BDI)} \right] \quad (2)$$

$$VPP_{cp} = (56.184.380,38 - 24.440.616,55) \times [0,5255 / (1 + 0,2784)] = R\$ 13.048.613,81$$

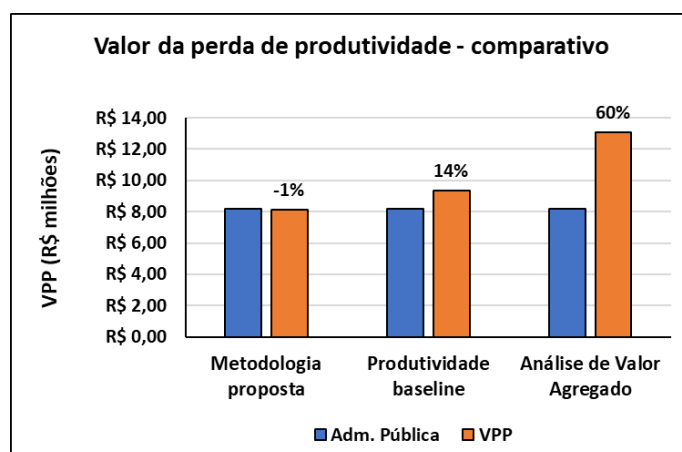
- $VPP_{cp} = R\$ 13.048.613,81$

Comparando os três valores obtidos, tem-se o seguinte quadro:



Considerando o valor obtido com a produtividade natural (*Measured Mile*) como o valor referencial, observa-se que o valor obtido com o uso da produtividade *baseline* ficou 15% acima dessa referência, ao passo que o valor utilizando AVA ficou 60% acima. Conclui-se, portanto, que, na impossibilidade de utilizar o cálculo *Measured Mile*, a produtividade *baseline* deve ser a segunda opção, em detrimento da utilização da Análise de Valor Agregado.

Como se trata de um caso real, procede-se ao comparativo entre a metodologia ora apresentada, os valores admitidos pela Administração Pública contratante (que fez uso da forma clássica do cálculo *Measured Mile*), e os valores obtidos com a produtividade *baseline* e AVA. A comparação consta no gráfico a seguir.



Como se vê, a metodologia proposta para o cálculo do valor da perda de produtividade praticamente replicou o valor calculado e admitido pelo poder contratante, ao passo que os valores obtidos com o uso da produtividade *baseline* e Análise de Valor Agregado ficaram 14% e 60% acima, respectivamente, do valor admitido como referencial.

Pelas razões acima expostas, valida-se a metodologia apresentada e, na impossibilidade do seu uso, recomenda-se utilizar a produtividade *baseline*, em preferência ao uso da Análise de Valor Agregado.

5. CONCLUSÃO

O artigo proporcionou uma abordagem completa de um pleito de reequilíbrio econômico-financeiro contratual devido à perda de produtividade, em seus três aspectos basilares e necessários à formação da responsabilidade técnica, quais sejam o dano financeiro verificado, a conduta das partes e o nexo de causalidade ligando a conduta ao dano.

Das metodologias recomendadas por protocolos internacionais para valoração dessa perda, analisou-se o cálculo *Measured Mile*, o uso da produtividade *baseline* (pactuada), quando a *Measured Mile* não for viável, e a Análise de Valor Agregado – AVA.

Por meio de testes estatísticos, inovou-se na detecção dos períodos não impactados, necessários ao cálculo *Measured Mile*, bem como no saneamento da amostra, com o uso de clusterização. Tais procedimentos eliminam a subjetividade comumente envolvida nessas etapas. Com a detecção do valor da produtividade natural, foi possível, com apoio da técnica do Prazo Agregado, calcular os períodos mensais de ociosidade decorrentes exclusivamente dos impactos, os quais advêm de causas cuja responsabilidade foram também objeto de análise. O somatório das parcelas mensais de ociosidade totalizam a extensão do dano, um dos elementos da valoração da perda de produtividade.

Foram apresentadas técnicas de descobrimento de causa(s)-raiz e de realce do nexo de causalidade, como a “5 porquês”. A importância das causas deu-se de forma objetiva, a partir da frequência revelada pela investigação dos registros, sem a subjetividade inerente à Metodologia de Quantificação de Responsabilidades Concorrentes. A alocação da responsabilidade da parte pela causa deu-se com amparo na análise do nexo de causalidade. Com a importância de cada causa na formação do dano, e a responsabilidade da parte pela ocorrência da causa, foi possível quantificar a responsabilidade das partes pelo dano total verificado.

O aprofundamento da pesquisa teórica possibilitou assegurar que a perda de produtividade se materializa na ociosidade da mão de obra e dos equipamentos. Uma vez calculada a participação dessas parcelas no custo total do projeto, é possível estabelecer, a partir do prazo inicialmente pactuado, o seu custo mensal. E, uma vez conhecida a extensão do dano, o valor da perda de produtividade equivale ao produto dessas duas grandezas.

Havendo concorrência das partes na formação do dano financeiro, o mesmo deve ser repartido na proporção de suas responsabilidades, conforme assim calculadas.

Por fim, a título de comparação, procedeu-se à apuração da perda de produtividade com o uso da produtividade *baseline* e da AVA. Tomando-se como referência o valor admitido pela Administração contratante em um estudo de caso, referente a uma obra de infraestrutura rodoviária, a metodologia ora proposta mostrou-se perfeitamente aderente ao valor referencial (variação: -1%), ao passo que o valor retornado pela produtividade *baseline* e AVA retornaram valores acima do de referência em, respectivamente, 14% e 60%. Em decorrência desse achado, recomenda-se que, na impossibilidade técnica do uso do cálculo *Measured Mile*, deve-se optar pela produtividade *baseline*, em preferência ao uso da Análise de Valor Agregado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACE (BRASIL). Prática Recomendada nº 25R-03 – **Como estimar perda de produtividade de mão de obra em pleitos de construção**. Rio de Janeiro: AACE, 2004. 39 p.

_____. Prática Recomendada nº 45R-08: **Métodos de Proteção contra Pleitos Relacionados a Cronograma**, Rio de Janeiro: AACE, 2009, 13 p.

BRAITHWAITE, Simon. **Perda de produtividade e projetos interrompidos**. São Paulo: AACE Brasil, 2017. 59 slides, color.

CARDOSO, Roberto Sales. A qualidade do projeto básico. In: FILIPE BONALDO ALVES (São Paulo) (org.). **Pareceres de engenharia: gestão de contratos e pleitos**. 1. ed. São Paulo: AACE Brasil, 2016. 244 p.

COSTA, Aquiles Augusto Diniz Martins da. Gestão contratual e o equilíbrio econômico-financeiro. In: FILIPE BONALDO ALVES (São Paulo) (org.). **Pareceres de engenharia: gestão de contratos e pleitos**. 1. ed. São Paulo: AACE Brasil, 2016. 244 p.

ENAP. **Análise e Melhoria de Processos – Metodologia MASP**: Caderno de ferramentas. 1. ed. Brasília: ENAP, 2015. 23 p.

GREBLER, Eduardo. Reflexões sobre os aspectos jurídicos da improdutividade no contrato de construção. In: MARCONDES, Fernando et al. **Direito da Construção: Estudo sobre as várias áreas do Direito aplicadas ao mercado da Construção**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2014.

OCTAVIO GALVÃO NETO (São Paulo) (org.). **Diretrizes para análise de produtividade em perícias de engenharia**. 1. ed. São Paulo: Ibape Nacional, 2021. 51 p.

SALOMÃO, Ricardo. Desequilíbrio econômico-financeiro em contratos de obras e serviços de engenharia. In: FIGUEIREDO, Flávio Fernando de et al. **Perícias de engenharia: uma visão contemporânea**. 1. ed. São Paulo: Leud, 2022. 320 p.

SOUTO, Leandro Souza; SOUTO, Eduardo de Sousa. **Análise de Dados Ecológicos: um guia simplificado de bioestatística para estudantes e profissionais da área ambiental**, 1 ed., Brasília: Ed. do autor, 2020. 136 p.

TISAKA, Maçahico. **Como Evitar Prejuízos em Obras de Construção** : Construction Claim . 1. ed. São Paulo: PINI, 2011.